

Diagnostic hydraulique des inondations du 2 octobre 2015 en Corse Le Fium Alto à Penta di Casinca

Étude réalisée pour la Direction Départementale des Territoires et de la Mer
de Haute-Corse (DDTM 2B)



Mars 2017

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction Territoriale Méditerranée - Pôle d'activités 30 Avenue Albert Einstein - CS

70499 - 13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 - Tél : +33 (0)4 42 24 76 76

Siège : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674

Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr

Informations contractuelles

Bénéficiaires	SCHAPI / B.Janet DREAL Corse / UH / S.Gremminger DDTM2B / SRCS / O.Mauries
---------------	--

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
Version 1	25/11/16	Version provisoire
Version 2	08/03/17	Version définitive

Validation du document

Responsable de l'étude	Patrick FOURMIGUE (DREC/SRILH)
Participants	Elodie PAYA (DREC/SRILH) Mathieu ALQUIER (DREC/SRILH)
Relecture	José-Luis DELGADO (DREC/SRILH)
Validation	Renaud BALAGUER (DREC)

Métadonnées

Zone géographique	Département de la Haute Corse
Nombre de pages	64
Type	Rapport d'étude

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION.....	6
1.1 Contexte de l'étude.....	6
1.2 Méthodologie.....	6
2 PRÉSENTATION DU BASSIN VERSANT.....	7
2.1 Caractéristiques hydrographiques.....	7
2.2 Réseau de mesure pluviométrique et hydrométrique.....	8
2.2.1 Mesure de la pluie.....	8
2.2.2 Mesure du débit.....	8
3 DÉBITS CARACTÉRISTIQUES DE CRUES.....	9
3.1 Banque Hydro et SHYREG.....	9
3.2 Analyse de l'étude BCEOM 1994.....	11
3.3 Comparaison avec d'autres bassins corses.....	12
3.4 Comparaison avec un bassin cévenol.....	12
4 ANALYSE HYDROLOGIQUE À LA STATION D'ACITAJA LES 1 ET 2 OCTOBRE 2015.....	14
4.1 Analyse pluviométrique.....	14
4.2 Analyse des PHE à la station d'Acitaja.....	16
4.3 Analyse hydrologique à la station d'Acitaja.....	17
4.3.1 Données hydrométriques disponibles.....	17
4.3.2 Estimation du débit de pointe de la crue du 2 octobre 2015.....	17
4.3.3 Reconstitution de l'hydrogramme de la crue du 2 octobre 2015.....	18
4.3.3.1 Chronologie de la crue.....	18
4.3.3.2 Réalisation d'un modèle pluie-débit.....	18
5 ÉTUDE HYDRAULIQUE.....	19
5.1 Topographie.....	19
5.1.1 Données topographiques.....	19
5.1.2 Modifications effectuées sur la topographie.....	20
5.1.2.1 Bathymétrie à l'embouchure.....	20
5.1.2.2 Densification des profils en travers en lit mineur.....	21
5.2 Construction du modèle hydraulique.....	21
5.2.1 Maillage.....	21
5.2.2 Choix de la rugosité.....	23
5.2.3 Conditions limites.....	24
5.2.3.1 Condition limite amont.....	24
5.2.3.2 Condition limite aval.....	24
5.2.4 Paramètres de calculs.....	24
5.3 Modélisation hydraulique de la crue du 2 octobre 2015.....	24

5.3.1 Analyse des PHE relevées sur les bâtiments.....	24
5.3.2 Simulations avec les hypothèses de base.....	27
5.3.2.1 Scénarios testés.....	27
5.3.2.2 Cotes d'eau obtenues.....	27
5.3.2.3 Comparaison avec les PHE 2015.....	28
5.3.2.4 Conclusion sur les scénarios testés.....	29
5.3.3 Tests de sensibilité.....	29
5.4 Simulation en transitoire.....	30
5.5 Cartographie des hauteurs et vitesses pour la crue du 2 octobre 2015.....	31
5.5.1 Lotissement Ferrera.....	32
5.5.2 Marines de San Pellegrino.....	33
5.5.3 Marines du Fium-Alto.....	34
6 BIBLIOGRAPHIE.....	35
7 ANNEXES.....	36
7.1 Fiches de la Banque Hydro.....	37
7.1.1 Fiche Station.....	37
7.1.2 Fiche synthèse.....	40
7.1.3 Fiche Crucal.....	42
7.2 Analyse de l'étude BCEOM décembre 1994 pour la DIREN Corse.....	45
7.3 Résultats du modèle hydraulique.....	47
7.3.1 Tableaux des cotes calculées.....	47
7.3.1.1 Secteur du lotissement Ferrera.....	48
7.3.1.2 Secteur des Marines.....	49
7.3.2 Cartes de comparaison avec les PHE 2015.....	50
7.3.2.1 Partie amont.....	50
7.3.2.2 Partie aval.....	57

Index des illustrations

Illustration 1 : Secteurs d'habitation inondés lors de la crue du Fium Alto du 2 octobre 2015.....	6
Illustration 2 : Bassin versant du Fium Alto.....	7
Illustration 3 : Profil en long du Fium Alto.....	8
Illustration 4 : Courbes de tarage proposées par le Cerema en 2016 (Hypothèses haute et basse).....	9
Illustration 5 : Graphique statistique (Source Banque Hydro) septembre 2016.....	10
Illustration 6 : Distribution de fréquence des débits SHYREG.....	11
Illustration 7 : Localisation des cours d'eau comparés.....	12
Illustration 8 : Cumuls pluviométriques des 1er et 2 octobre 2015 pour la bassin du Fium Alto.....	14
Illustration 9 : Pluies Antilope et quantiles SHYREG.....	15
Illustration 10 : PHE relevées autour de la station hydrométrique d'Acitaja par la DREAL Corse.....	16
Illustration 11 : Estimation du débit de pointe de crue le 2 octobre 2015.....	17
Illustration 12 : Hydrogramme de crue obtenu avec le modèle GR3H (quadrillage de 6h).....	18
Illustration 13 : Source des données topographiques utilisées.....	20
Illustration 14 : Cordon à l'état initial.....	21
Illustration 15 : Topographie retenue : cordon arasé à 0 m NGF.....	21
Illustration 16 : Maillage sur le secteur modélisé (réalisé avec le logiciel Bluekenue).....	22

Illustration 17 : Maillage au droit du quartier Ferrera.....	23
Illustration 18 : Maillage au droit des Marines, rive droite.....	23
Illustration 19 : Profil en long du cours d'eau sur la zone modélisée.....	23
Illustration 20 : Localisation des PHE 1993 et 2015 au Lotissement Ferrera, et amont du lotissement.....	25
Illustration 21 : Localisation des PHE 1993 et 2015 au Lotissement Ferrera (zoom).....	25
Illustration 22 : Localisation des PHE 1993 et 2015 aux Marines de San Pellegrino et du Fium Alto.....	26
Illustration 23 : Carte des vitesses maximales d'écoulement sur le Lotissement Ferrera.....	32
Illustration 24 : Carte des hauteurs d'eau maximales sur le sur le Lotissement Ferrera.....	32
Illustration 25 : Carte des vitesses maximales d'écoulement sur les Marines de San Pellegrino.....	33
Illustration 26 : Carte des hauteurs d'eau maximales sur les Marines de San Pellegrino.....	33
Illustration 27 : Carte des vitesses maximales d'écoulement sur les Marines du Fium-Alto.....	34
Illustration 28 : Carte des hauteurs d'eau maximales sur les Marines du Fium-Alto.....	34
Illustration 29 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 800_15 Partie amont.....	51
Illustration 30 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 900_15 Partie amont.....	52
Illustration 31 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 1000_15 Partie amont.....	53
Illustration 32 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 800_20 Partie amont.....	54
Illustration 33 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 900_20 Partie amont.....	55
Illustration 34 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 1000_20 Partie amont.....	56
Illustration 35 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 800_15 Partie aval.....	58
Illustration 36 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 900_15 Partie aval.....	59
Illustration 37 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 1000_15 Partie aval.....	60
Illustration 38 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 800_20 Partie aval.....	61
Illustration 39 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 900_20 Partie aval.....	62
Illustration 40 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 1000_20 Partie aval.....	63

Index des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des données hydrométriques du Fium Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja].....	9
Tableau 2 : Quantiles de débits de pointe de crue (en m ³ /s) à la station d'Acitaja pour T de 2 à 50 ans.....	10
Tableau 3 : Débits de crue (en m ³ /s) retenus en 1994 et Banque Hydro 2016.....	11
Tableau 4 : Quantiles de débits de pointe de crue (en m ³ /s) à la station d'Acitaja pour T de 10 à 100 ans.....	12
Tableau 5 : Débits SHYREG du Gardon d'Alès et du Fium Alto.....	13
Tableau 6 : Scénarios testés.....	27
Tableau 7 : Statistiques sur les cotes d'eau obtenues au niveau des PHE 2015 au lotissement Ferrera.....	27
Tableau 8 : Statistiques sur les cotes d'eau obtenues au niveau des PHE 2015 aux Marines.....	27
Tableau 9 : Statistiques sur les différences « cotes calculées - cotes PHE 2015 » au lotissement Ferrera..	28
Tableau 10 : Statistiques sur les différences « cotes calculées - cotes PHE 2015 » aux Marines.....	28
Tableau 11 : Cotes calculées par le modèle pour les 6 scénarios, et écarts par rapports aux cotes PHE 2015	48
Tableau 12 : Cotes calculées par le modèle pour les 6 scénarios, et écarts par rapports aux cotes PHE 2015	49

1 Introduction

1.1 Contexte de l'étude

La Corse a connu un épisode pluvieux soutenu entre le jeudi 1^{er} octobre 2015 en fin d'après-midi, et la matinée du vendredi 2. Ces précipitations ont provoqué des débordements de cours d'eau le 2 octobre, engendrant des dommages conséquents, particulièrement sur les bassins du Golo et du Fium Alto.

Le long du Fium Alto¹, deux secteurs d'habitation situés sur la commune de Penta-di-Casinca ont été touchés :

- le secteur aval, au niveau de l'embouchure du cours d'eau (Marines de San Pellegrino en rive gauche, et Marines du Fium Alto en rive droite),
- le lotissement Ferrera, immédiatement à l'amont du pont de la RT 10 (anciennement RN 198).

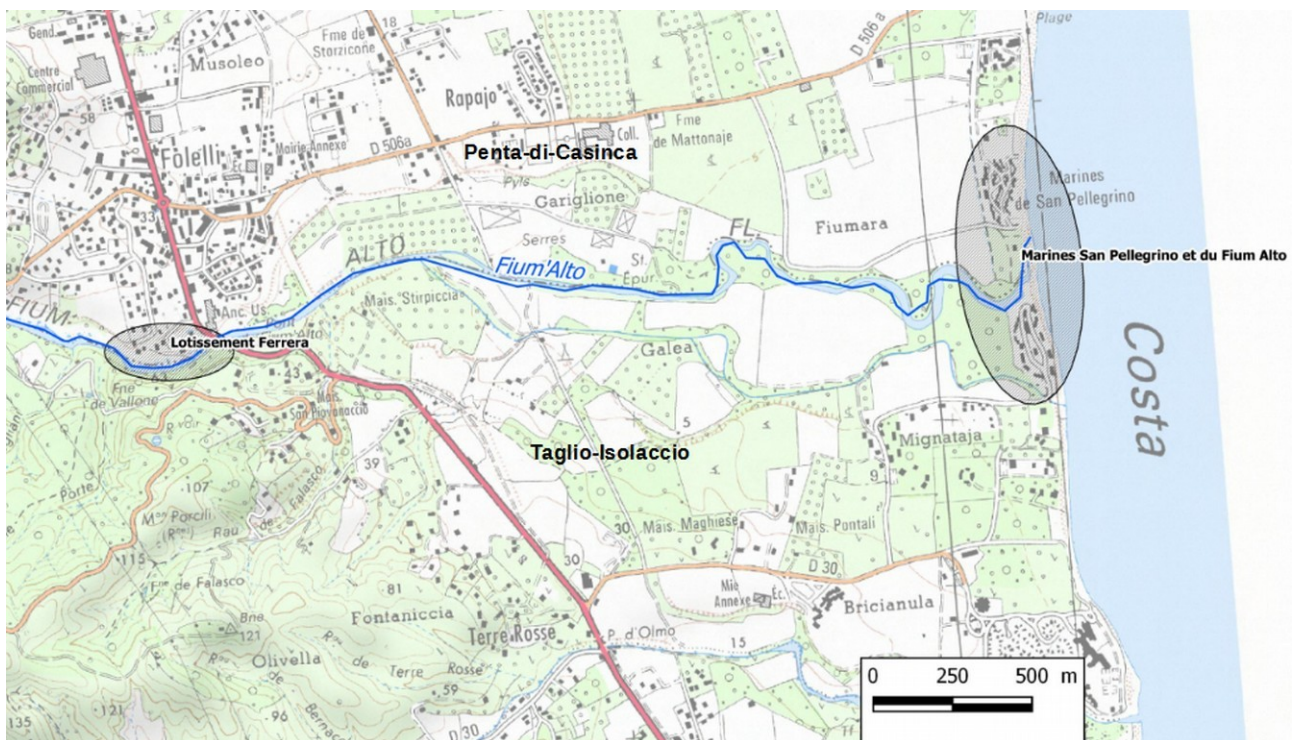


Illustration 1 : Secteurs d'habitation inondés lors de la crue du Fium Alto du 2 octobre 2015

La DDTM de Haute-Corse a sollicité le Cerema Méditerranée pour réaliser, au niveau de ces secteurs, un diagnostic hydraulique des inondations du 2 octobre 2015. L'étude doit permettre d'en définir les principales caractéristiques : vitesses d'écoulement, hauteurs d'eau atteintes, emprise des inondations.

1.2 Méthodologie

L'étude comprend plusieurs étapes :

- Analyse des études réalisées antérieurement sur les zones à étudier ;
- Examen et critique des données concernant l'événement ;
- Analyse hydrologique et hydraulique de l'événement du 2 octobre 2015 : cette étape a pour objectif de définir les débits à injecter en entrée du modèle hydraulique ;
- Définition des besoins topographiques : analyse des données disponibles et définition des compléments nécessaires à la modélisation hydraulique ;
- Modélisation hydraulique : réalisée en 2D, pour représenter les écoulements multi-directionnels dans

¹ Le bassin du Golo fait l'objet d'un autre rapport.

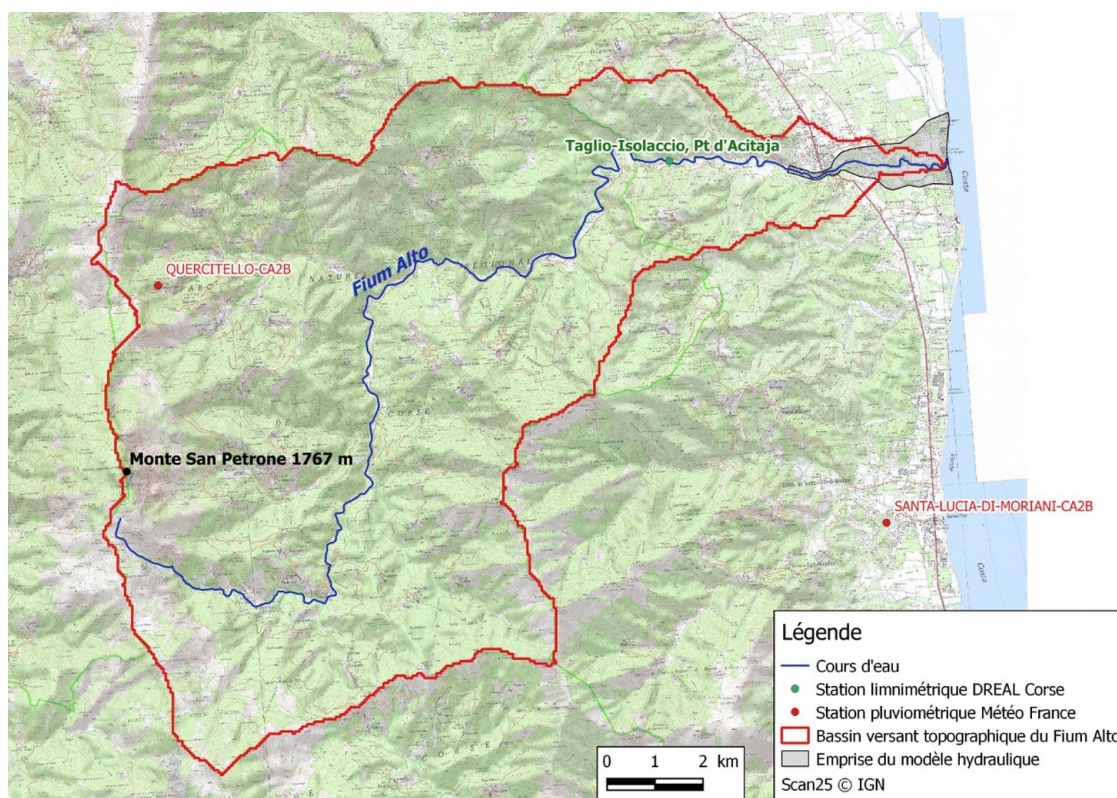
la large plaine d'inondation ;

- Cartographie des zones inondées : en hauteur et en vitesse, sur fond de plan IGN SCAN25 ;
- Comparaison des zones inondées et inondables : analyse comparative entre les limites calculées par le modèle et celles affichées dans les documents disponibles sur le secteur (PPRi, AZI).

2 Présentation du bassin versant

2.1 Caractéristiques hydrographiques

Le Fium Alto draine un bassin versant de 127 km². Depuis sa source à 1470 m d'altitude, dans le massif de la Castagniccia, il parcourt 31 km avant de se jeter dans la mer, au niveau de la commune de Penta-di-Casinca.



Le bassin versant du Fium Alto est majoritairement naturel, couvert par une végétation dense. Du point de vue géologique, il se situe dans la Corse alpine, composée de schistes lustrés et d'ophiolites. Il s'agit de roches globalement peu perméables.

L'illustration 3 montre la forte pente du cours d'eau amont (30 %), caractéristique que l'on retrouve sur les affluents courts et pentus². Sur le tronçon médian, en amont de la station limnimétrique, la pente est encore de 2 %, ce qui conduit à de fortes vitesses d'écoulement en crue, proches de la vitesse critique. La pente ne décroît à 0,5 % qu'en approchant de la plaine, avec un écoulement fluvial.

Nous estimons le temps de concentration de ce bassin versant à 4 h, ce qui correspond à une vitesse de concentration de 2 m/s.

² Plus de 80 % des crêtes ont une altitude supérieure à 1000 m,

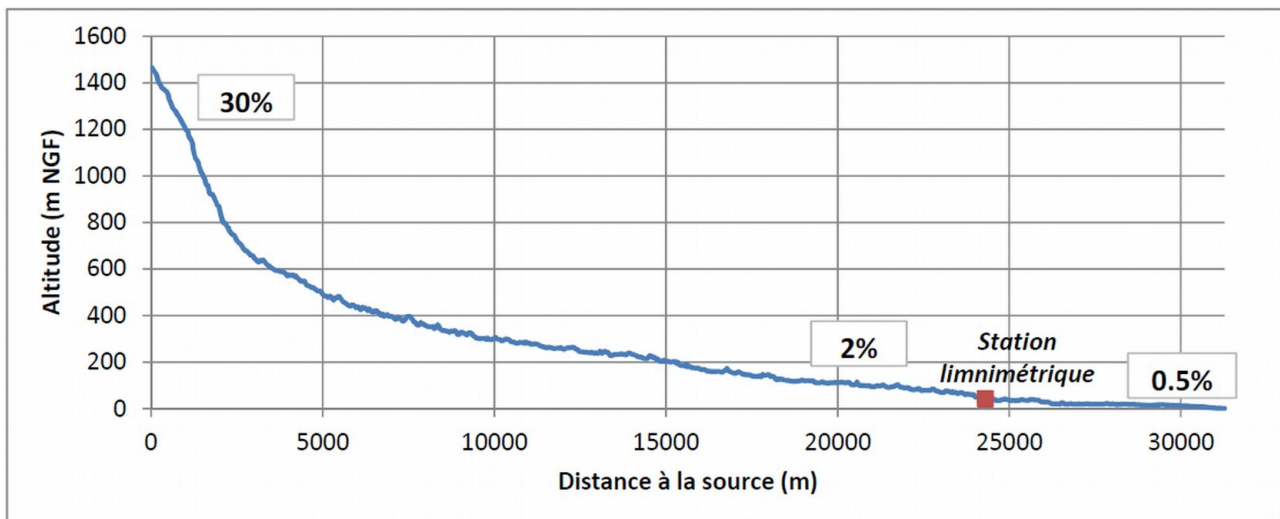


Illustration 3 : Profil en long du Fium Alto

2.2 Réseau de mesure pluviométrique et hydrométrique

2.2.1 Mesure de la pluie

Le poste pluviométrique automatique Météo-France (Quercitello), au nord ouest du bassin, à 780 m d'altitude, fournit des données au pas de temps horaire depuis 2010.

Le radar pluviométrique d'Aléria permet d'avoir une certaine visibilité de la répartition spatiale des pluies sur le bassin. Néanmoins, il est nécessaire de recalcr les lames d'eau brutes « Panthère » (pas de temps 6 mn) sur les données des pluviomètres pour obtenir les lames d'eau corrigées « Antilope » (pas de temps horaire).

2.2.2 Mesure du débit

Le débit du Fium Alto est mesuré depuis 1959, à la station de Taglio-Isolaccio [Acitaja], gérée par la DREAL Corse. La station se situe au niveau du pont d'Acitaja, 3.8 km en amont du lotissement Ferrera. Elle contrôle 90 % du bassin versant total du Fium Alto. Le zéro de l'échelle est à l'altitude 35,81 m NGF.

L'échelle et les capteurs de la stations sont situés dans une zone d'écoulement très agitée en crue. Les jaugeages de crue sont très peu nombreux et difficilement exploitables. La DREAL Corse, insatisfaite de l'actuelle courbe de tarage pour les débits de crue, a demandé au Cerema d'en revoir l'extrapolation, dans le cadre de la présente étude.

La modélisation hydraulique du site de la station fait l'objet d'un rapport technique connexe [1].

L'illustration 4 présente les deux courbes de tarage calculées, correspondant à deux hypothèses de rugosité.

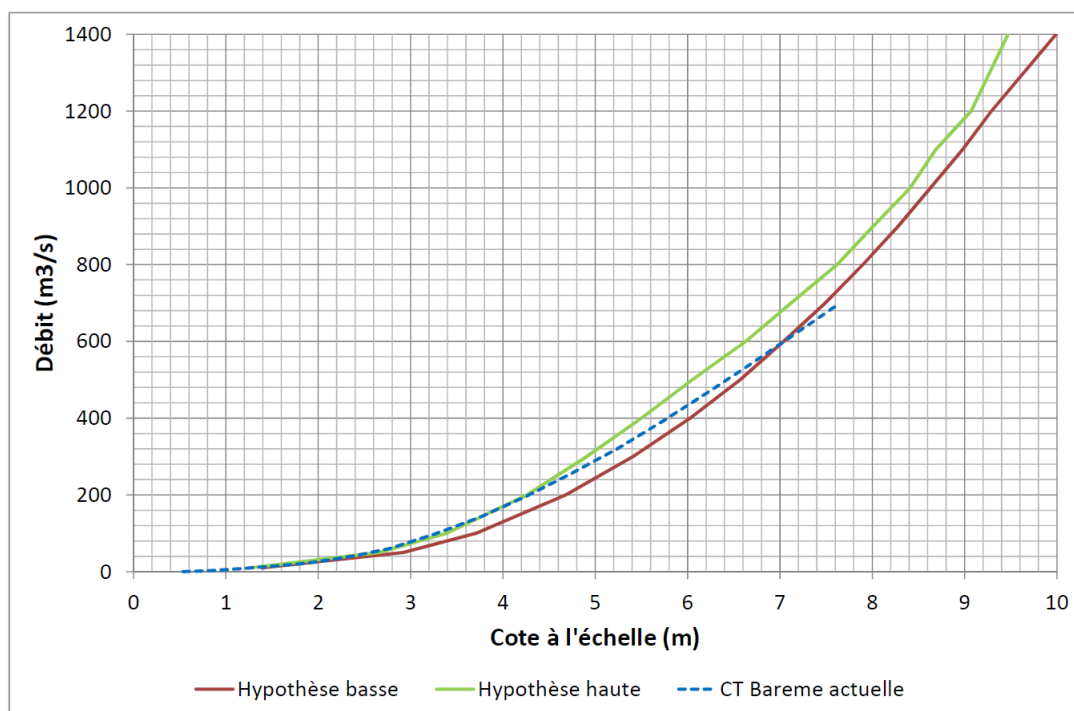


Illustration 4 : Courbes de tarage proposées par le Cerema en 2016 (Hypothèses haute et basse)

3 Débits caractéristiques de crues

3.1 Banque Hydro et SHYREG

Le tableau 1 résume les caractéristiques des données hydrométriques (voir fiche station en annexe 7.1.1).

Code station	Nom station	Surface bassin versant	Dates de mesure des données	Disponibilité et qualité des données de débit Banque Hydro
Y9315010	Le Fium Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja]	114 km ²	1959-2016	Sur 57 années d'exploitation : - 3 années invalidées - 1 année validée douteuse - 11 années provisoires - 42 années validées bonnes

Tableau 1 : Caractéristiques des données hydrométriques du Fium Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja]

La Banque Hydro fournit des quantiles de débit de crue³ pour des périodes de retour 2 ans à 50 ans (Tableau 2). Ces statistiques prennent en compte la crue de novembre 1993 valorisée à 830 m³/s⁴, débit maximum « connu » pour cette station (cf. fiche synthèse de la Banque Hydro en annexe §7.1.2).

Les quantiles de crue sont obtenus par ajustement d'une loi de Gumbel aux débits maximums instantanés annuels (procédure CRUCAL de la Banque Hydro, voir fiche en annexe 7.1.3). Cet ajustement (Illustration 5) apparaît visuellement de qualité⁵, mais il est lacunaire car réalisé avec 40 valeurs (sur 54 années), dont la moitié sont jugées incertaines par le gestionnaire.

3 Les débits sont calculés avec la courbe de tarage actuellement utilisée par la DREAL, qui diffère de celles proposées par le Cerema.

4 Estimation BCEOM – 1994, cf. annexe 7.2

5 Le point à 830 m³/s, crue de 1993, est hors graphique

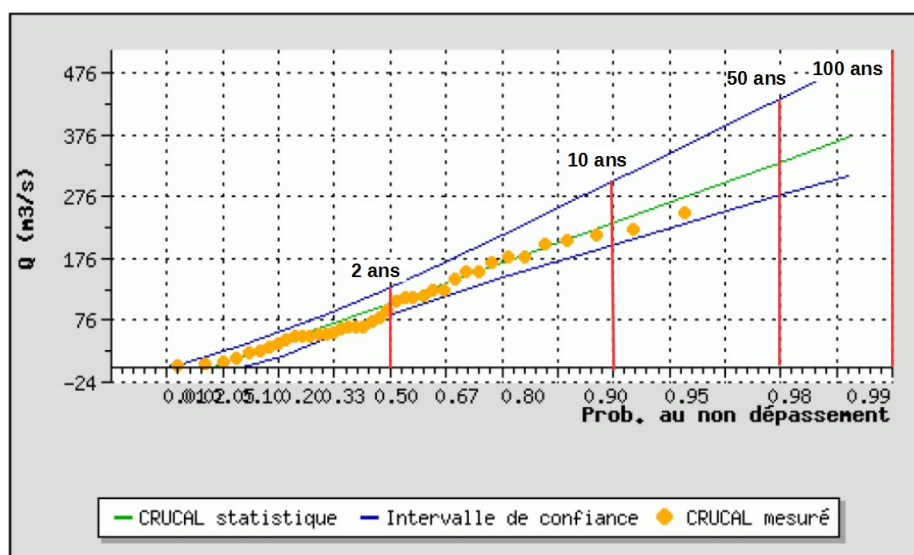


Illustration 5 : Graphique statistique (Source Banque Hydro) septembre 2016

Le tableau 2 compare les quantiles de débit de crue :

- extraits de la Banque Hydro en sept.2016, avec leur intervalle de confiance à 95%,
- fournis par SHYREG Irstea 2013⁶.

T (ans)	Banque Hydro 2016-09	SHYREG 2013
2	95 [80 ; 110]	90.6
5	170 [150 ; 200]	163
10	220 [190 ; 270]	240
20	260 [230 ; 330]	338
50	330 [280 ; 400]	501

Tableau 2 : Quantiles de débits de pointe de crue (en m³/s) à la station d'Acitaja pour T de 2 à 50 ans

Les quantiles SHYREG et Banque Hydro concordent pour les périodes de retour 2 à 10 ans, ce qui est logique, car la méthode SHYREG est calée localement sur les quantiles observés pour les faibles périodes de retour.

Au delà de T=10 ans, les valeurs de SHYREG divergent de de celles de Banque Hydro. Pour T= 50 ans, l'écart atteint 50%. Cela s'explique aisément, car les quantiles de la Banque Hydro sont obtenus avec une loi de Gumbel (Illustration 5), alors que la méthode SHYREG conduit à une extrapolation sur-exponentielle⁷ (Illustration 6).

⁶ <http://shyreg.irstea.fr>

⁷ Un peu comme la méthode du Gradex, qui s'écarte d'un ajustement de Gumbel au-delà d'un point pivot souvent placé à T= 10 ans.

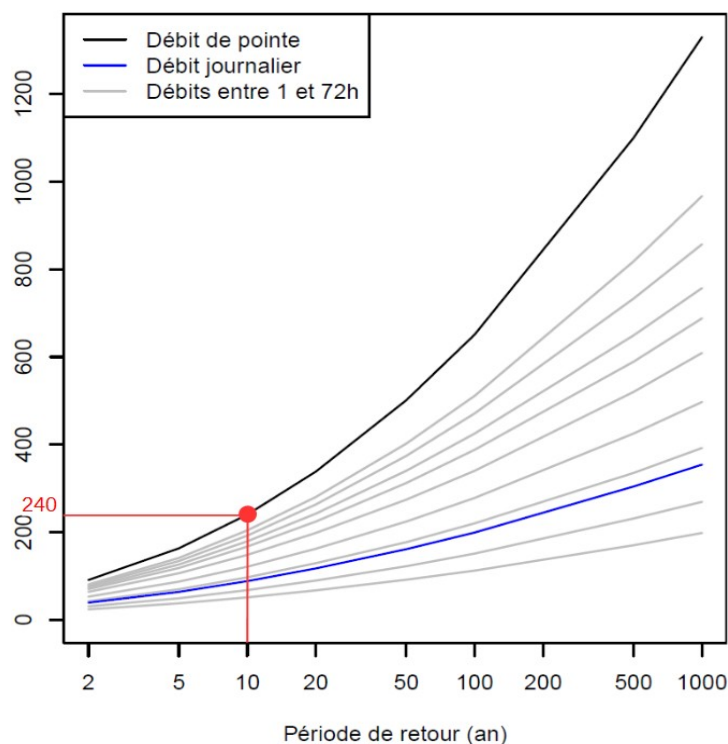


Illustration 6 : Distribution de fréquence des débits SHYREG

3.2 Analyse de l'étude BCEOM 1994

L'étude BCEOM 1994 [2] :

- déterminait les valeurs des débits décennaux et centennaux, en utilisant différentes approches (voir annexe 7.2) ;
- affectait à la crue de 1993 un débit de 836 m³/s et une période de retour de 50 ans⁸.
- signalait deux crues historiques (1873 et 1953), affectées d'un débit supérieur à 1000 m³/s, simplement parce que jugées plus fortes que la crue de 1993 ;

In fine, BCEOM retenait un débit décennal de 400 m³/s et appliquait un coefficient multiplicateur de 2.5 pour obtenir un débit centennal de 1000 m³/s (valeur utilisée dans le PPRi en vigueur, approuvé en 2001).

Le débit décennal Banque Hydro BH2016 (220 m³/s), est nettement inférieur aux 400 m³/s de BCEOM.

BCEOM avait utilisé des valeurs de débits de crue plus élevées que celles qui figurent maintenant dans la Banque Hydro (cf. tableau 3 relatif aux 5 plus fortes crues bancarisées avant 1994), probablement avec une courbe de tarage ancienne plus haute.

Pour la gamme de débits [150;250] m³/s, notre étude de la courbe de tarage ne conduit pas à retenir des débits supérieurs à ceux de la banque Hydro 2016.

En outre, les ajustements avaient été faits sur un échantillon plus court (29 années au lieu de 40).

Date crue	Q BCEOM	BH 2016
01/11/1993	834	830
01/09/1989	440	250
17/10/1980	343	213
19/02/1972	242	168
25/04/1982	216	154

Tableau 3 : Débits de crue (en m³/s) retenus en 1994 et Banque Hydro 2016

Le tableau 4 compare les quantiles des trois sources différentes, pour les périodes de retour de 10 à 100 ans. Il met en évidence les très fortes valeurs BCEOM 1994.

⁸ Selon SHYREG, un débit de 836 m³/s aurait une période de retour de 200 ans environ.

T (ans)	Banque Hydro 2016-08	BCEOM 1994	SHYREG 2013 Fium Alto
10	220 [190 ; 270]	400	240
50	330 [280 ; 400]	836	501
100	Non calculé	1000	651

Tableau 4 : Quantiles de débits de pointe de crue (en m³/s) à la station d'Acitaja pour T de 10 à 100 ans

Cette étude hydrologique BCEOM nous semble entachée d'un choix systématique de retenir des valeurs hautes (« sécuritaires », vu l'objectif de réalisation d'un PPRI), sans trop chercher à identifier les anomalies rencontrées, ni leurs causes.

L'argumentaire de BCEOM ne nous paraît pas suffisamment étayé pour donner un caractère incontestable aux valeurs retenues, tant pour le débit centennal que décennal.

3.3 Comparaison avec d'autres bassins corses

Pour d'autres cours d'eau de la cote orientale de la Corse, de surfaces proches, SHYREG donne :

- Q10=258 et Q100=627 m³/s pour le Fium Orbu (115 km²)
- Q10=340 et Q100=835 m³/s pour le Travo amont (117 km²)
- Q10=336 et Q100=764 m³/s pour la Solenzara (104 km²)

Le Fium Orbu présente des quantiles Q10 et Q100 proches de ceux du Fium Alto.

Le Travo et la Solenzara ont des Q10 plus élevés (350 m³/s environ) mais les Q100 ne dépassent pas 850 m³/s.

Cette hydrologie plus forte du Travo et de la Solenzara peut s'expliquer par la topographie très montagneuse (Mont Incudine à 2134 m) et une géologie granitique plus imperméable.

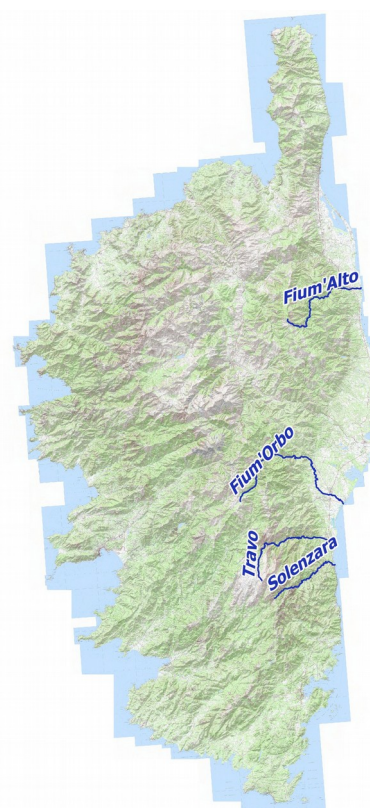


Illustration 7 : Localisation des cours d'eau comparés

3.4 Comparaison avec un bassin cévenol

Pour élargir les comparaisons, on choisit un bassin de même surface dans les Cévennes, lieu des crues maximales de France métropolitaine continentale. Il s'agit du bassin amont du Gardon d'Alès, dont les débits de crues sont mieux connus. Le tableau 5 présente les valeurs SHYREG des débits de pointe Q_i , journaliers Q_j et leur rapport.

Sbv(km²)	Débits SHYREG					
115	GdA = Gardon d'Ales			FA = FiumAlto (station)		
T (an)	Qi_GdA	Qj_GdA	Qi/Qj_GdA	Qi_FA	Qj_FA	Qi/Qj_FA
2	232	119	1.9	91	38.8	2.3
5	343	170	2.0	163	63.4	2.6
10	443	214	2.1	240	88	2.7
20	557	262	2.1	338	117	2.9
50	729	332	2.2	501	161	3.1
100	878	389	2.3	651	199	3.3
500	1300	538	2.4	1100	304	3.6
1000	1510	602	2.5	1330	354	3.8

Tableau 5 : Débits SHYREG du Gardon d'Alès et du Fium Alto

Ce comparatif met en évidence :

- pour $2 < T < 20$ ans, un écart énorme entre les débits Q_i des deux sites (ratio de 2,6 à 1,6) ;
- pour $50 < T < 1000$ ans, une réduction de cet écart (ratio de 1,5 à 1,1) ;

On note que le ratio Q_i/Q_j augmente avec la période de retour (i.e. la crue est plus « pointue ») et serait plus fort pour la Fium Alto (bassin plus pentu que celui du Gardon d'Alès et donc à crues plus rapides).

Même si l'on arrivait à démontrer que la courbe de tarage du Fium Alto sous-estimait fortement les débits, **il serait difficile de justifier que le Fium Alto puisse avoir un débit centennal de 1000 m³/s**, comme le proposait BCEOM il y a vingt ans de cela. Aussi, il nous semble préférable de **retenir l'ordre de grandeur des valeurs SHYREG**.

4 Analyse hydrologique à la station d'Acitaja les 1 et 2 octobre 2015

4.1 Analyse pluviométrique

L'illustration 8 compare les données de pluie, au pas horaire, **en heure TU** :

- de la lame d'eau radar Antilope⁹, calculée sur la surface du bassin
- du pluviomètre de Quercitello.

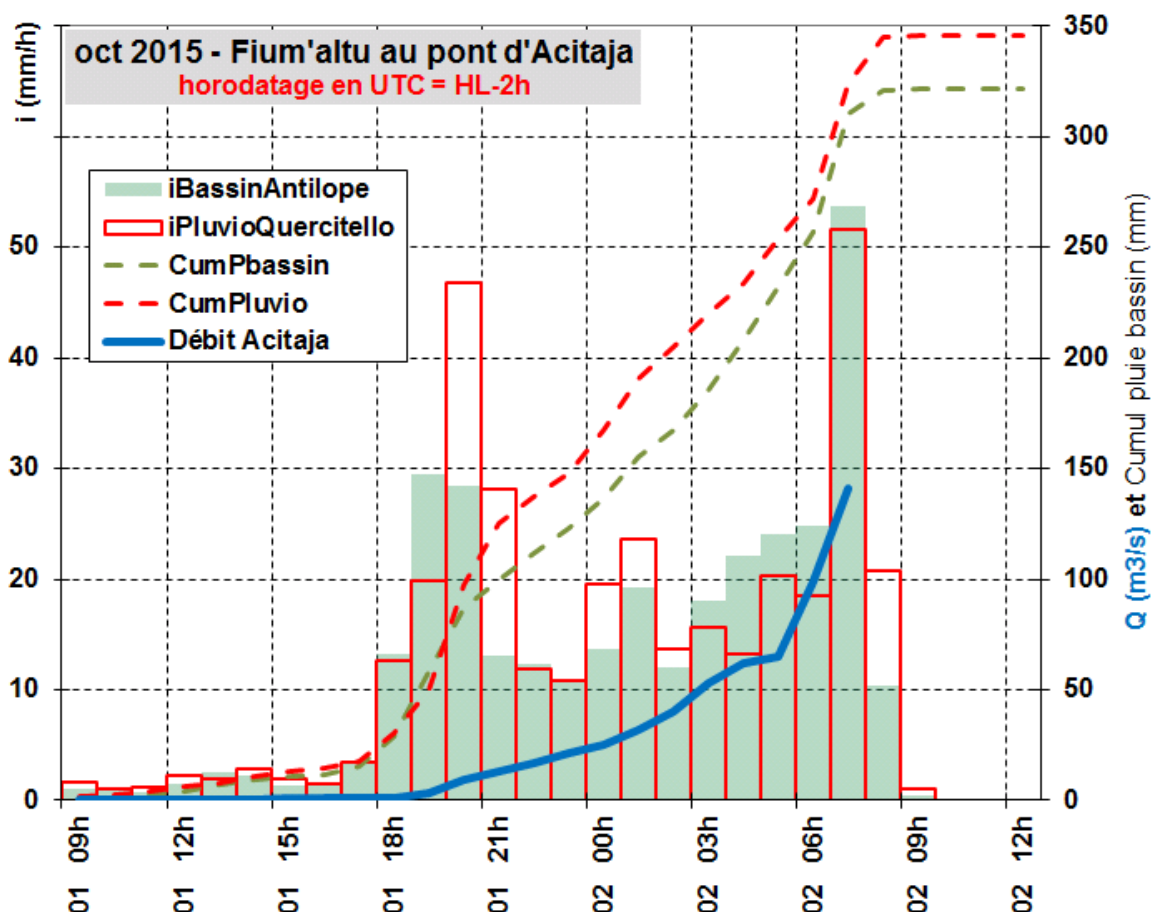


Illustration 8 : Cumuls pluviométriques des 1^{er} et 2 octobre 2015 pour la bassin du Fium Alto

Les cumuls sont très proches (322 mm¹⁰ pour la pluie de bassin Antilope contre 346 mm pour Quercitello) et la chronologie de la précipitation est quasiment identique.

L'analyse qui suit utilise la seule pluie de bassin Antilope.

La durée de l'épisode pluvieux d'intensité significative (plus de 10 mm/h) est de 15 h. On note deux périodes plus intenses (plus de 20mm/h), l'une en début et l'autre à la fin. Le premier pic a été ponctuellement plus intense mais moins généralisé. Le second a arrosé plus uniformément le bassin, déjà saturé par 12h de pluie, provoquant une formidable pointe de crue, à cause du pic de précipitation de 53 mm en 1h en moyenne sur le bassin.

⁹ Les lames d'eau Panthère, non recalées sur les pluviomètres, sont inférieures de 40% (sur le cumul de l'épisode).

¹⁰ Soit un volume précipité de 36.7 Mm³.

Hypothèse : si la pluie s'était arrêtée le 2/10 à 3h TU, juste avant la deuxième période intense, le cumul précipité n'aurait pas dépassé 186 mm, soit une période de retour de l'ordre de 30 ans.

- la pointe de crue aurait pu culminer aux environs de 150 m³/s, soit une période de retour de l'ordre de 5 ans, bien inférieure à celle de la précipitation génératrice, car elle est tombée sur un sol particulièrement sec, qui a presque absorbé la première période pluvieuse intense.
- en supposant une décrue symétrique à la crue, la lame écoulée aurait été de l'ordre de 37 mm, soit un coefficient d'écoulement d'environ 20 % (37 mm / 186 mm).
- on conçoit bien que le bassin ayant déjà absorbé plus de 150 mm se retrouve avec une capacité d'infiltration limitée au moment de recevoir la deuxième période pluvieuse intense.

La deuxième période pluvieuse intense cumule 125 mm en 4h¹¹, soit une période de retour de 50 ans, ce qui n'est pas exceptionnel.

Mais, comme elle survient juste après une demi-journée de pluie de période de retour 30 ans, l'ensemble de l'événement pluvieux - cumul de 306 mm en 15 h - devient exceptionnel, avec une période de retour qui dépasse 200 ans, comme le montre l'illustration 9. Établie en échelles log-log, elle présente les cumuls maximum de pluie (ronds avec trait pointillé) calculés sur des durées de 4 à 24 h. Elle met en évidence que :

- la période de retour SHYREG de l'événement pluvieux croît de 50 à 100 ans pour des durées de cumul de 4 à 12 h
- elle atteint son maximum pour une durée de 14-15h.
- la période de retour redescend à une valeur centennale pour la durée 24h, car la pluie s'arrête.

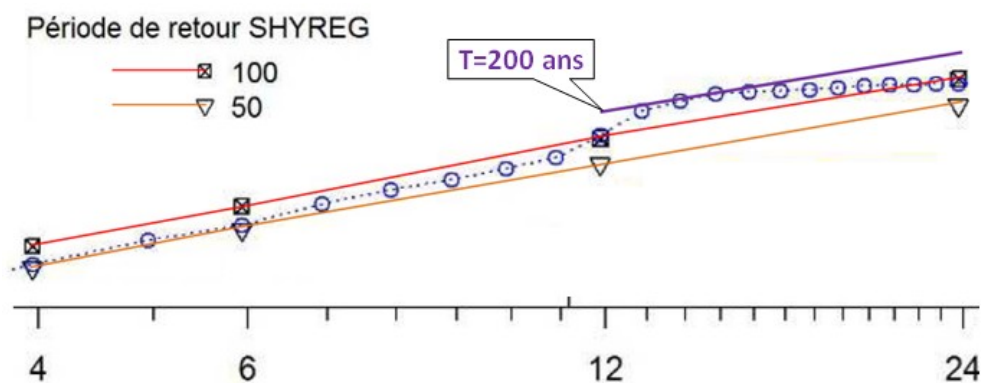


Illustration 9 : Pluies Antilope et quantiles SHYREG

¹¹ ordre de grandeur du temps de concentration de ce bassin versant

4.2 Analyse des PHE à la station d'Acitaja

L'unité hydrométrie de la DREAL Corse a relevé 8 PHE, dont 3 PHE à proximité du pont et 5 PHE en aval. Elles ont été nivelées par le cabinet de géomètres Opsia en juillet 2016.



Illustration 10 : PHE relevées autour de la station hydrométrique d'Acitaja par la DREAL Corse

Analyse des 5 PHE aval

On relève des incohérences :

- la PHE (41.79), la plus à l'aval, en RD, devrait être plus basse que les autres : elle est donc écartée ;
- la PHE (40.86), la plus à l'aval, en RG, est presque 1 m plus basse que celle ci-avant ;
- en RG, les deux autres PHE (41.28) et (41.30), distantes de 40 m, ne devraient pas être à la même altitude.

La PHE (41.44) en RD est cohérente avec la PHE (41.30) en RG. Ces deux seules PHE nous semblent donc utilisables pour ajuster la condition limite aval du modèle hydraulique de la station.

Analyse des 3 PHE proches du pont

- la PHE (37.70) est plus de 3 m en dessous des 5 PHE aval précédentes. Elle est donc écartée.
- la PHE (45.36) en RD, au droit de l'échelle limnimétrique (à 9.55 m au-dessus du zéro), est située en face de la PHE (43.94) mais 1.42 m au-dessus. Elles peuvent paraître a priori incohérentes mais les très fortes vitesses dans cette zone à géométrie tourmentée pourraient expliquer cet écart : l'une serait plus proche de la cote de l'eau et l'autre de la charge hydraulique (cf. 4 2 3).

4.3 Analyse hydrologique à la station d'Acitaja

4.3.1 Données hydrométriques disponibles

D'après [3], la prise de pression du capteur bulle à bulle de la station d'Acitaja a été emportée lors de la montée de crue. La dernière hauteur enregistrée est de 5,2 m à 7h38 TU, correspondant à un débit de 322 m³/s selon la courbe de tarage actuelle.

Aucune mesure pour estimer le débit de pointe ou reconstituer l'hydrogramme de la crue.

4.3.2 Estimation du débit de pointe de la crue du 2 octobre 2015

Elle est déduite du croisement de la nouvelle extrapolation Cerema [1] de la courbe de tarage de la station d'Acitaja et des laisses de crue relevées par la DREAL au droit de la station (cf. § 4.2).

On rappelle qu'une laisse de crue (ou niveau de PHE) représente la cote de la ligne d'eau (Z), augmentée de tout ou partie de l'énergie cinétique (E_c) de l'écoulement, proportionnelle au carré de la vitesse ($E_c = V^2/2g$). Plus le support de la laisse fait obstacle à l'écoulement, plus la PHE se rapproche de la cote de la charge hydraulique ($H = Z + E_c$). A titre d'illustration, pour une vitesse $V = 5.5$ m/s, $E_c = 1.5$ m.

Sur le profil en travers au droit de l'échelle de crue, la DREAL a repéré deux laisses de crues respectivement à 9.55 et 8.13 m par rapport au zéro de l'échelle, soit un écart de 1.42 m.

L'illustration 11 représente les courbes de charge associées aux deux courbes de tarage, ainsi que les deux verticales correspondant aux deux laisses de crues. Le rectangle hachuré encadre les valeurs possibles du débit de pointe de crue, avec les hypothèses suivantes :

- La laisse la plus haute (9,55), située en rive droite, lieu de très fortes vitesses, possède une importante composante « vitesse », et serait plus proche de la charge.
- La laisse la plus basse (8,13), située en rive gauche, serait plus proche de la cote que de la charge.

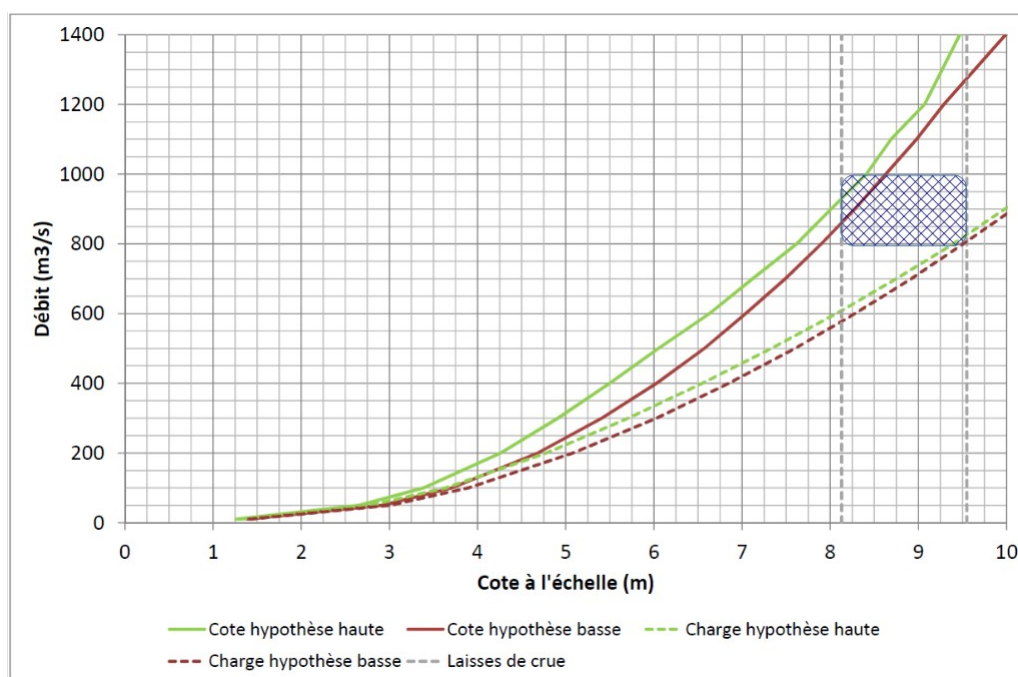


Illustration 11 : Estimation du débit de pointe de crue le 2 octobre 2015

On peut raisonnablement estimer que le débit de pointe est dans l'intervalle [800 m³/s ; 1000 m³/s].

4.3.3 Reconstitution de l'hydrogramme de la crue du 2 octobre 2015

4.3.3.1 Chronologie de la crue

La DDTM2B n'a pas pu nous transmettre d'information au niveau des Marines, mais nous a communiqué le témoignage écrit d'une propriétaire d'une maison au lotissement Ferrera, qui apporte les éléments suivants :

- 9h47 : "consigne d'évacuation" - le Fium'Alto commence à monter de façon significative ;
- 10h environ : le Fium'Alto sort du lit pour atteindre le bord du lotissement ;
- 10h25 : "une vague gigantesque est en train de traverser le lotissement" ;
- 11h10 : "l'eau est en train de se retirer".

On retient l'hypothèse d'un pic au lotissement à 11h00 légales (heure d'été) soit 9h00 TU.

La station d'Acitaja est située à 3,8 km en amont, ce qui donnerait un décalage de l'ordre de 15 mn sur la base d'une vitesse de 4 m/s. Elle a été emportée vers 7h37 TU, soit un peu plus de 1 h avant le pic de crue.

4.3.3.2 Réalisation d'un modèle pluie-débit

Pour construire une forme d'hydrogramme, on utilise le modèle pluie débit global GR3H [4]. En lui injectant le hyétogramme de la pluie de bassin, on arrive à atteindre un débit de pointe de l'ordre de 900 m³/s, avec les hypothèses suivantes :

- Réservoir sol A = 250 mm.
- Niveau de remplissage initial S0/A = 5% ; cas d'un sol très sec, comme en ce début octobre 2015.
- Réservoir de routage B = 60 mm.
- Temps de montée de l'hydrogramme unitaire C = 3 h.

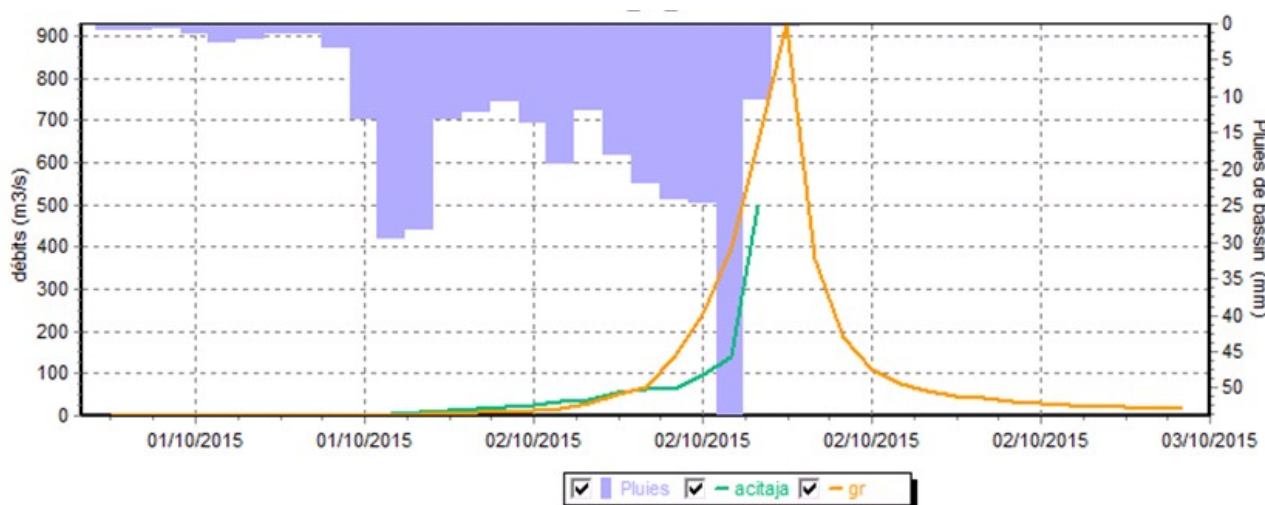


Illustration 12 : Hydrogramme de crue obtenu avec le modèle GR3H (quadrillage de 6h)

Le pic modélisé dépasse 900 m³/s. Il est positionné à 09h00 TU. Avec notre modèle, la montée de crue est anticipée et plus progressive que la mesure à la station d'Acitaja. La décrue est logiquement très rapide.

Le coefficient d'écoulement **global serait de 35 %**¹². En effet, le volume de cet hydrogramme - calculé sur 39 h, du 1 oct 09h00 au 2 oct 24h00 - est de 13 Mm³, pour un volume précipité de 36,7 Mm³. Cela représente une lame d'eau écoulee de 113 mm pour une lame d'eau précipitée de 322 mm.

Notre hypothèse du § 4.1 suppose que les pluies tombées **avant le 2 octobre à 3h** auraient produit, à elles seules, une lame écoulee de 37 mm, soit un coefficient d'écoulement **partiel de 20%**.

De ce fait, la différence de lame écoulee (76 mm = 113 mm - 37 mm) est à comparer à la lame de 135 mm précipitée en 5h, **après le 2 octobre à 3h**, soit un coefficient d'écoulement **partiel de 56 %**.

¹² Si l'on ajoutait le volume de la décrue sur quelques jours de plus, le coefficient dépasserait 40 %.

Le modèle traduit l'augmentation progressive du coefficient d'écoulement au cours de l'événement.

Avertissement : cet hydrogramme reste théorique. Il n'a pas la prétention de représenter la réalité, mais d'être une simple représentation d'un hydrogramme « possible » dont le débit dépasse 900 m³/s.

5 Étude hydraulique

Le fonctionnement hydraulique du Fium Alto en crue est complexe, tout particulièrement dans la plaine aval : nombreux débordements en lit majeur par-dessus les berges, bras secondaires, écoulements multidirectionnels. Cela impose la réalisation d'un modèle hydraulique 2D. Le logiciel de calcul hydraulique utilisé est Telemac-2D.

5.1 Topographie

5.1.1 Données topographiques

L'illustration 20 présente les données topographiques utilisées pour la modélisation hydraulique du Fium Alto, soit :

- Des données topographiques terrestres fournies au Cerema par la DDTM 2B :
 - Semis de points (densité 5 m) au droit du lotissement Ferrera (prestation OPSIA finalement réalisée par technologie LIDAR).
 - Profil de l'ouvrage hydraulique du pont de la RT 10.
 - 29 profils en travers du lit mineur.
- Des données MNT de l'IGN (campagne LITTO3D de juillet 2013) de type LIDAR.
- Des données MNT de type LIDAR réalisé par le BRGM (campagne d'août 2012) uniquement en mer.

Les données LITTO3D sont disponibles sur une partie de la zone étudiée (à l'aval du pont de la RT 10). Elles se présentent sous forme de grilles régulières de 1 km² avec une résolution de 1 m. La précision annoncée de 20 cm nous semble suffisante pour modéliser et cartographier le lit majeur.

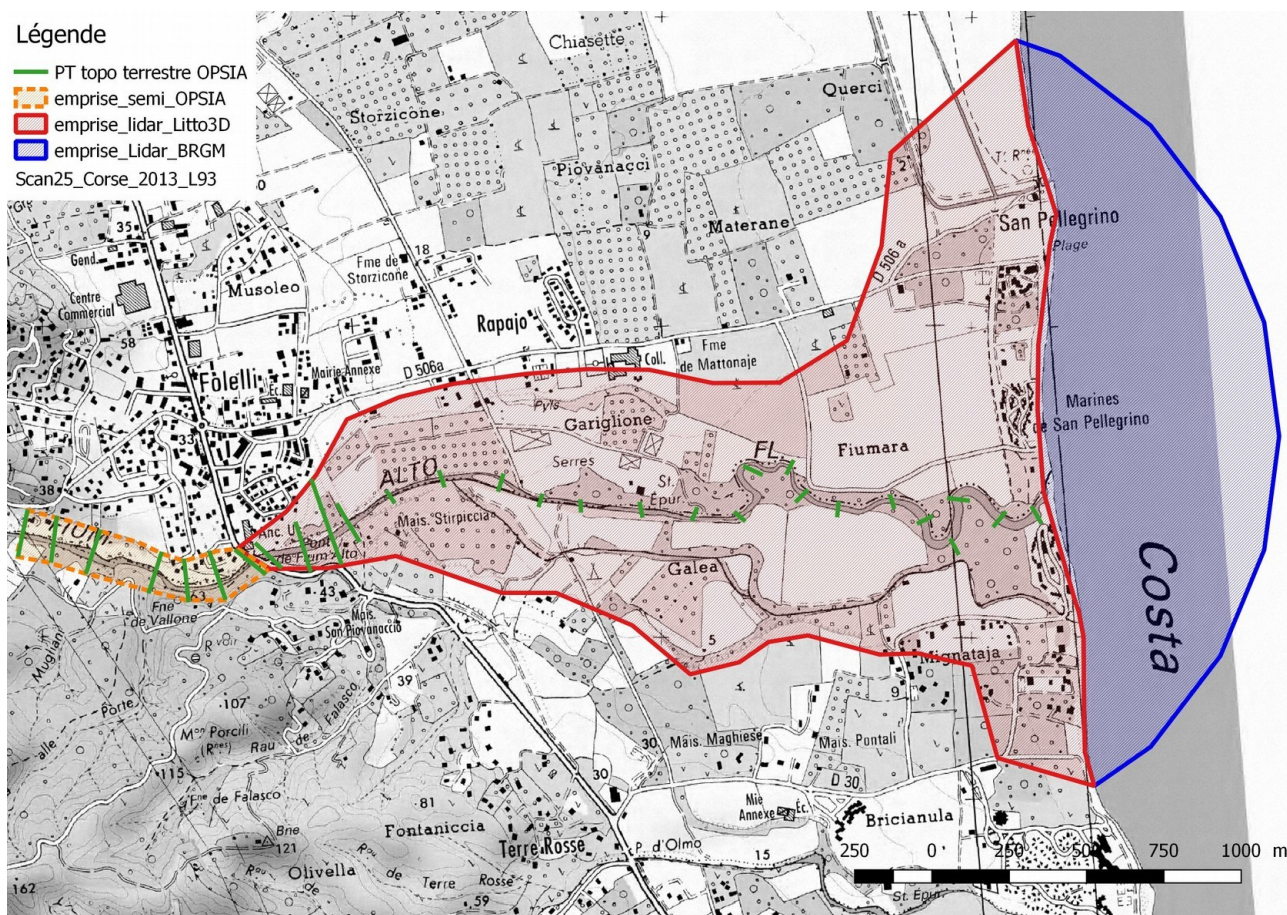
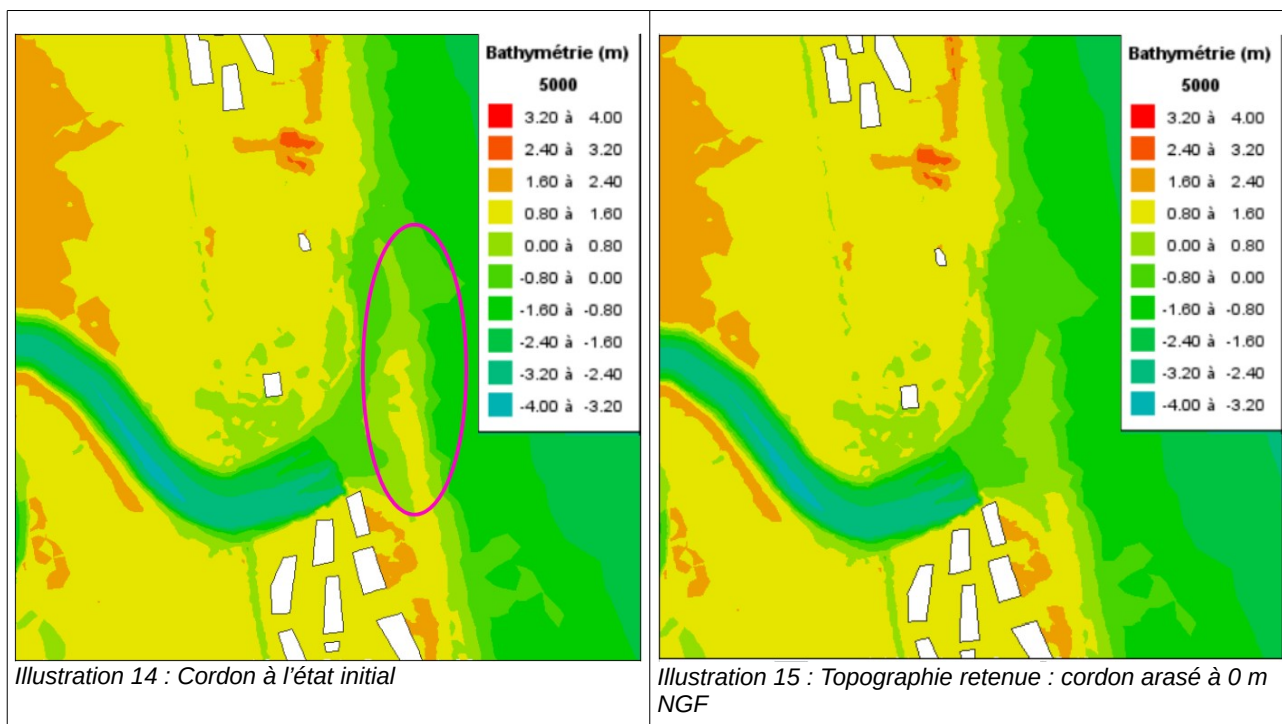


Illustration 13 : Source des données topographiques utilisées

5.1.2 Modifications effectuées sur la topographie

5.1.2.1 Bathymétrie à l'embouchure

La bathymétrie des fonds à l'embouchure présente un cordon littoral qui constitue un obstacle à l'écoulement (Illustration 14). En crue, on peut supposer que ce cordon est détruit, étant donné qu'il n'est constitué que de sable. Sa topographie est donc modifiée dans le modèle, en l'arasant à la cote de 0 m NGF (Illustration 15).



Une étude de sensibilité est réalisée en fin d'étude (§ 5.3.3), avec le cordon arasé jusqu'à la cote du lit mineur soit -2 m NGF, pour en évaluer les effets sur les résultats finaux.

5.1.2.2 Densification des profils en travers en lit mineur

Le maillage 2D du lit mineur nécessite une forte densité de profils en travers. Or, nos profils en travers levés « terrestres et bathymétriques » sont trop espacés (100 m environ). Aussi, avec le logiciel de modélisation 1D HEC-RAS, nous générons des sections intermédiaires, avec un espacement de 5 m. Une interface graphique permet de visualiser et valider le travail d'interpolation.

5.2 Construction du modèle hydraulique

5.2.1 Maillage

Un MNT global est réalisé à partir des données topographiques, suivant l'ordre de priorité établi en fonction de la précision de la donnée :

1. Profils en travers terrestres (initiaux et interpolés) en lit mineur.
2. Semis de points et lignes de ruptures de pente, sur la zone amont du pont.
3. MNT Lidar Litto3D sur le reste du lit majeur.
4. MNT Lidar du BRGM en mer.

Afin de s'affranchir des effets de bord au droit de l'exutoire du modèle en mer, le modèle est prolongé au large des côtes sur une longueur d'environ 500 m autour de l'exutoire du Fium Alto, jusqu'à une cote de fond d'environ -10 m NGF.

L'illustration 16 donne une vue globale du maillage réalisé.

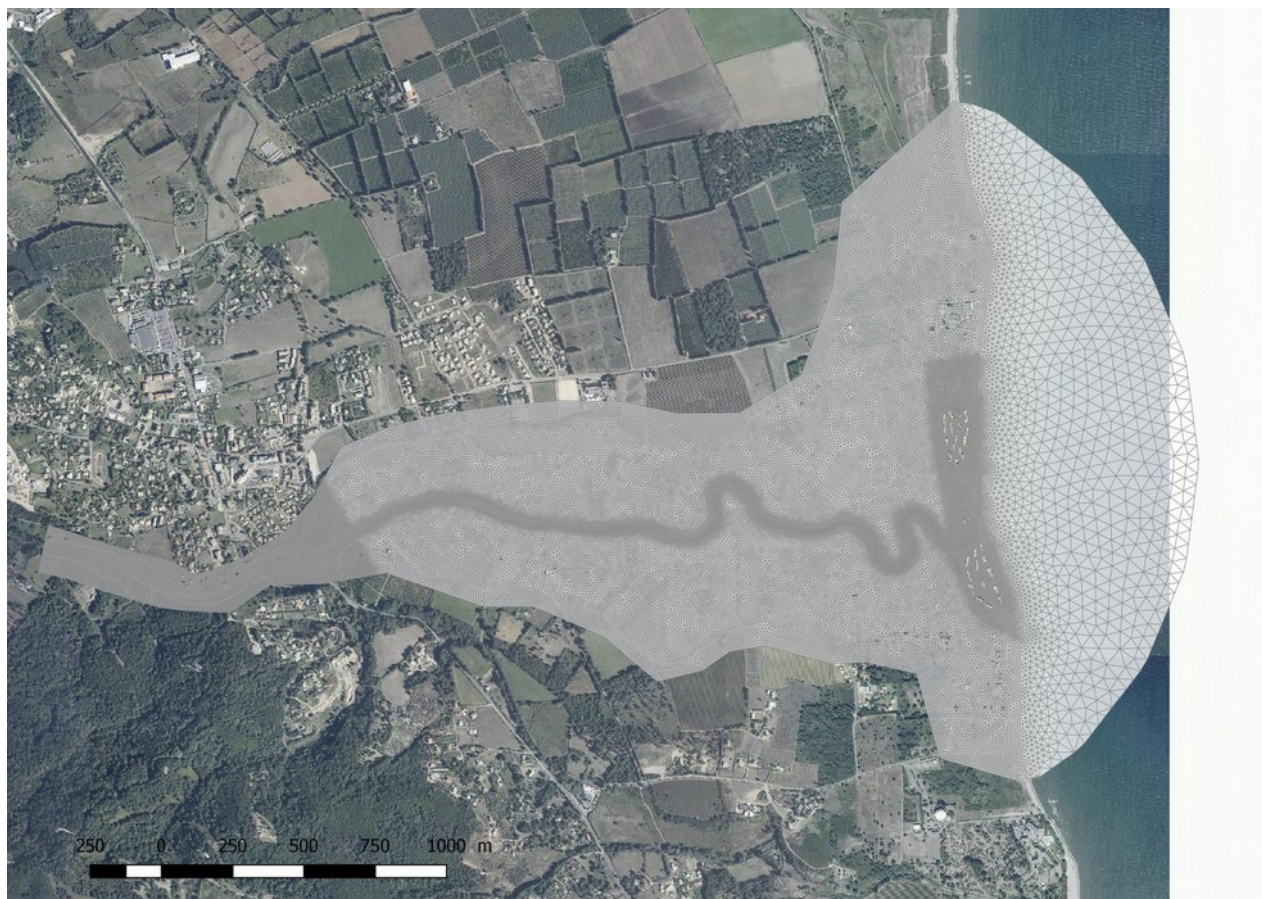


Illustration 16 : Maillage sur le secteur modélisé (réalisé avec le logiciel Bluekenue)

La zone modélisée s'étend sur une longueur de 4 km et une largeur maximale de 2 km à son embouchure. Sa superficie totale est d'environ 4 km².

Le maillage est constitué de 50 000 nœuds de calculs. Deux types de maillages coexistent :

- Un maillage fixe en lit mineur (largeur 2 m et longueur 5 m).
- Un maillage libre en lit majeur et en mer avec les caractéristiques suivantes :
 - Des tailles de mailles de 3 m sur des zones à enjeux : lotissement Ferrera à l'amont du pont et Marines au bord de mer (illustrations 17 et 18).
 - Des tailles de mailles de 10 m maximum dans le reste du lit majeur.
 - Intégration de lignes de ruptures de pentes à l'amont du pont de la RN 198.
 - Maillage libre en mer avec des tailles de mailles de 50 m maximum.

Afin de représenter au mieux les vitesses d'écoulement autour des bâtiments, ces derniers sont extrudés du maillage, à partir du bâti de la BD TOPO 2011. Les habitations individuelles mitoyennes situées dans les Marines sont regroupées.

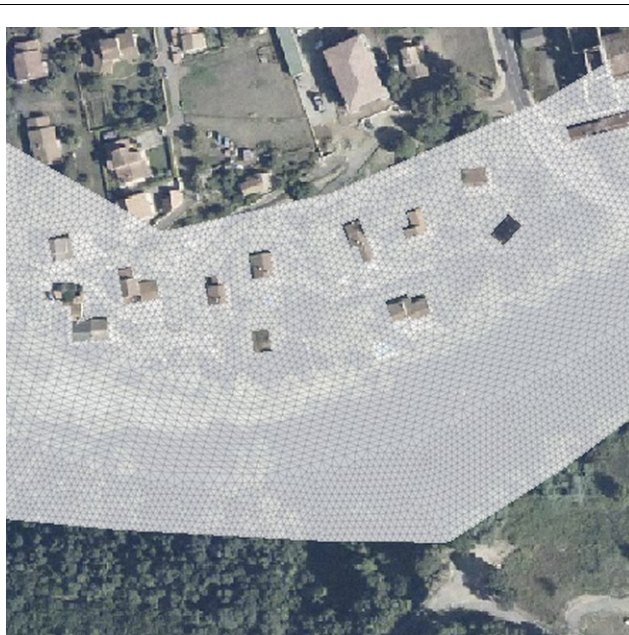


Illustration 17 : Maillage au droit du quartier Ferrera



Illustration 18 : Maillage au droit des Marines, rive droite

5.2.2 Choix de la rugosité

Sur la zone d'étude, le Fium Alto passe d'un lit mineur encaissé à l'amont, avec une pente de 5‰, à un cours d'eau de plaine moins pentu et devenant sinueux vers l'embouchure. Le fond du lit est constitué :

- à l'**AMont**, d'un mélange de gravillons et de petits galets,
- à l'**AVal**, de sable et de gravillons plus fins, donc a priori moins rugueux.

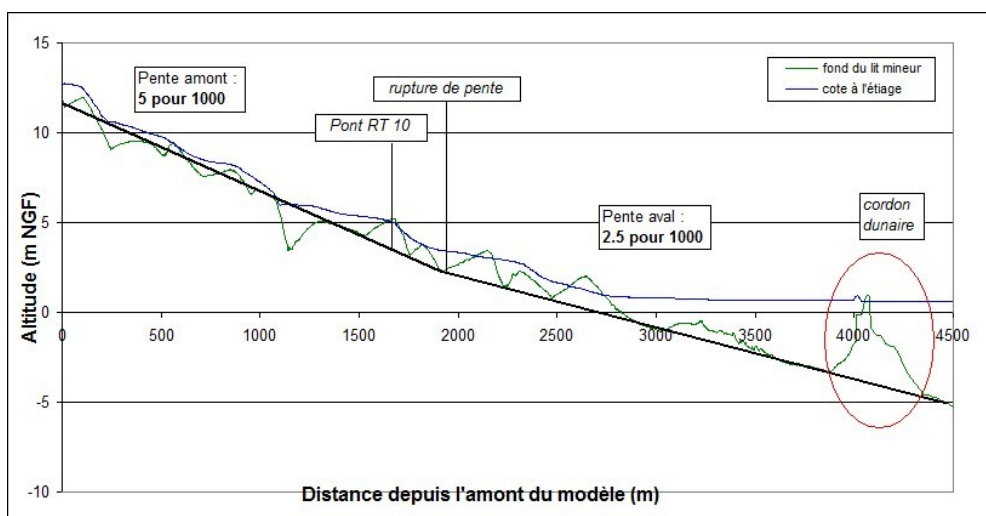


Illustration 19 : Profil en long du cours d'eau sur la zone modélisée

On distingue donc dans la description du lit mineur, deux tronçons de frottement distincts (**AM** et **AV**).

Faute de données de calage (débit jaugé et laisses de crue) pour des crues non débordantes, on retient deux hypothèses pour le coefficient de rugosité du lit mineur **Kmin**¹³ :

- **KminAM=15** et **KminAV=20** (modèle « rugueux »)
- **KminAM=20** et **KminAV=25** (modèle « lisse »)

Le lit majeur est constitué d'un mélange de prairies et de zones cultivées, avec la présence de haies transversales qui ont tendance à freiner l'écoulement, d'où l'unique hypothèse **Kmaj=15**.

¹³ coefficient de rugosité de Strickler

5.2.3 Conditions limites

5.2.3.1 Condition limite amont

Un débit constant (permanent) est injecté dans le modèle.

Trois valeurs testées : 800 m³/s, 900 m³/s, 1000 m³/s, dans la fourchette d'estimation du débit de pointe de la crue du 2 octobre 2015 (voir paragraphe 4.3.2).

5.2.3.2 Condition limite aval

Elle est appliquée à la frontière en mer. Nous ne disposons, à la date du 2 octobre 2015, d'aucune mesure de hauteur. Le marégraphe de Solenzara n'était pas en service ; il n'y a pas de marégraphe à Bastia.

Les prévisions de marée le 2 octobre 2015 à Solenzara indiquent un niveau maximum de 25 cm NGF.

Par ailleurs, les prévisions de houle nous indiquent une valeur plutôt modérée, d'environ 3 m.

Nous faisons le choix, pour représenter le niveau marin le 2 octobre 2015, d'une **cote aval de 0,5 m NGF**, soit une surcote (surcote atmosphérique + surcote liée aux vagues) de l'ordre de 25 cm.

Un test de sensibilité est effectué au § 5.3.3 avec un niveau marin plus élevé.

5.2.4 Paramètres de calculs

Les calculs sont réalisés avec Telemac 2D, version V6P3. Les valeurs des principaux paramètres qui permettent de stabiliser les calculs sont les suivants :

- Pas de temps : 0,1 s.
- Modèle de turbulence à viscosité constante.
- Coefficient de diffusion des vitesses (viscosité numérique) : 0,001.

5.3 Modélisation hydraulique de la crue du 2 octobre 2015

La modélisation hydraulique a pour objectif de retrouver, pour un débit injecté donné, les niveaux des plus hautes eaux (PHE) relevées sur le terrain après cet événement.

Elle permet de déterminer les vitesses d'écoulement associées aux hauteurs d'eau.

5.3.1 Analyse des PHE relevées sur les bâtiments

En janvier 2016, la DDTM 2B a relevé, sur les habitations impactées par l'inondation du 2 octobre 2015, de nombreuses PHE, reportées en vert sur :

- les illustrations 20 et 21 : lotissement Ferrera, en amont du pont de la RT10 ;
- l'illustration 22 : aux Marines situées de part et d'autre de l'embouchure du Fium Alto.

Elles ont été nivelées par le cabinet de géomètres Opsia en juillet 2016.

Les points roses figurent les PHE de la crue de 1993 [5].

En amont du pont de la RT10, 8 des 9 PHE 2015 ne présentent pas d'incohérences au premier examen.

La PHE16,24 est plus haute que les autres (Illustration 21) ; comme elle est plus proche du lit mineur, elle pourrait être plus représentative de la charge que de la cote moyenne du plan d'eau. Elle n'est donc pas intégrée dans les statistiques des écarts (§ 5.3.2.2 et 5.3.2.3).

Pour la crue de 1993, la PHE13,03, cohérente avec la PHE12.95, en aval du pont, se trouve 2 m en dessous des niveaux atteints en octobre 2015.

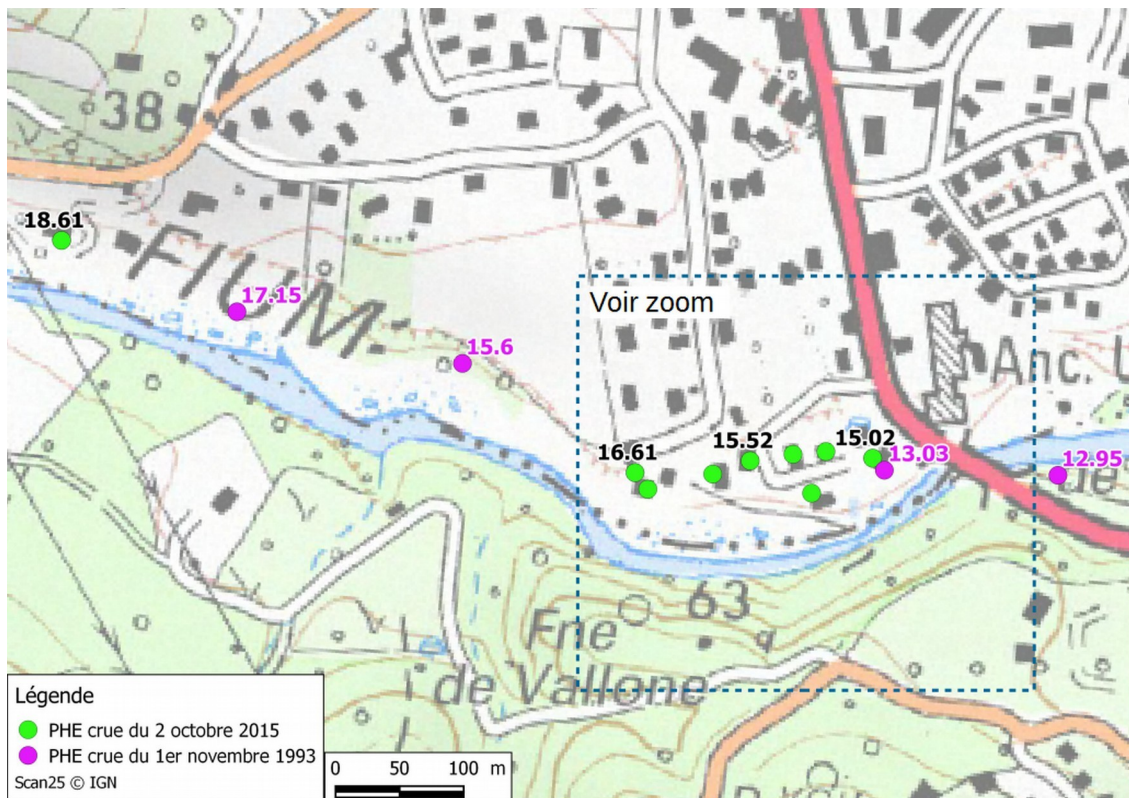


Illustration 20 : Localisation des PHE 1993 et 2015 au Lotissement Ferrera, et amont du lotissement

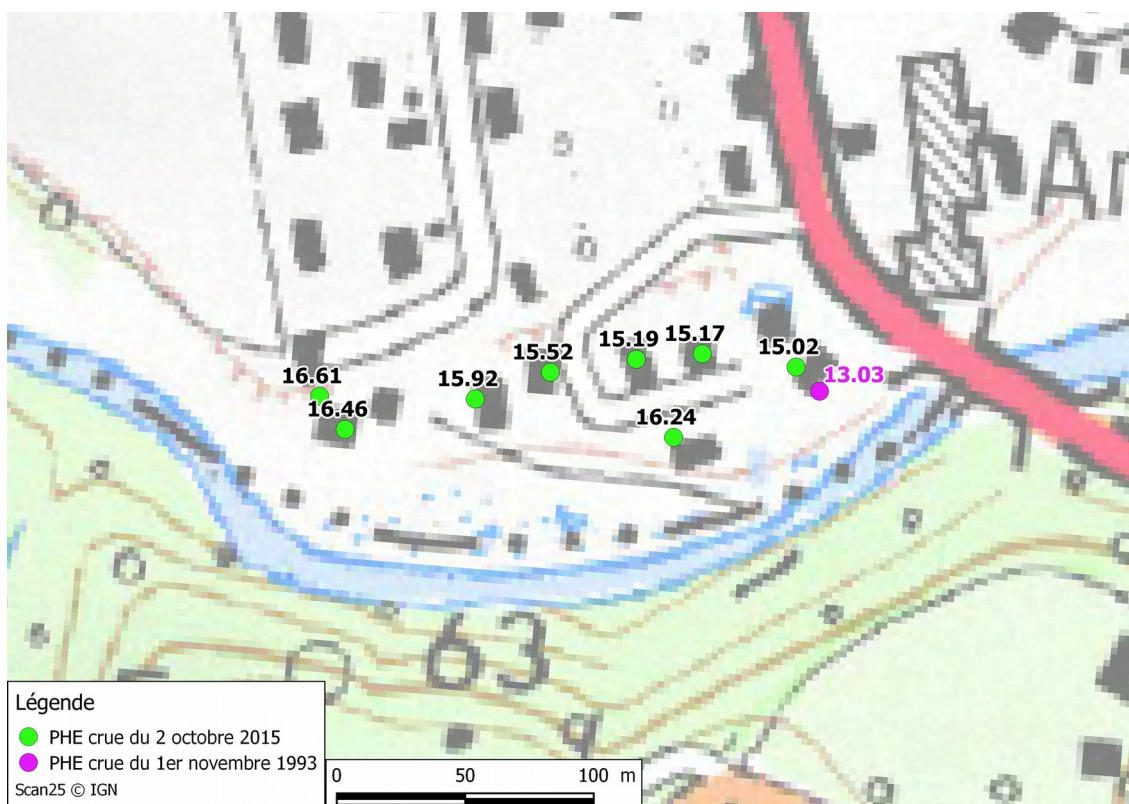


Illustration 21 : Localisation des PHE 1993 et 2015 au Lotissement Ferrera (zoom)

A l'embouchure, on dispose de 37 PHE 2015 :

- 19 PHE aux Marines de San Pellegrino : moyenne de 2,6 m NGF. Les cotes sont comprises entre 2.3 m et 2.8 m NGF environ.
- 18 PHE aux Marines du Fium Alto : moyenne de 2,4 m NGF. Les cotes sont comprises entre 2 m et 2.8 m NGF.

L'écart entre les PHE d'un même secteur peut s'expliquer par l'incertitude sur le repérage des laisses, leur position par rapport au courant et leur proximité de l'exutoire et du bras secondaire au sud.

*Pour la crue de 1993, on ne dispose que de 2 PHE, cohérentes (1,86 et 1,74 m NGF), soit **70 cm environ au dessous** des niveaux atteints en octobre 2015. L'écart est logiquement beaucoup plus faible qu'au niveau du lotissement Ferrera (2 m environ), où la largeur de l'écoulement est beaucoup plus réduite.*

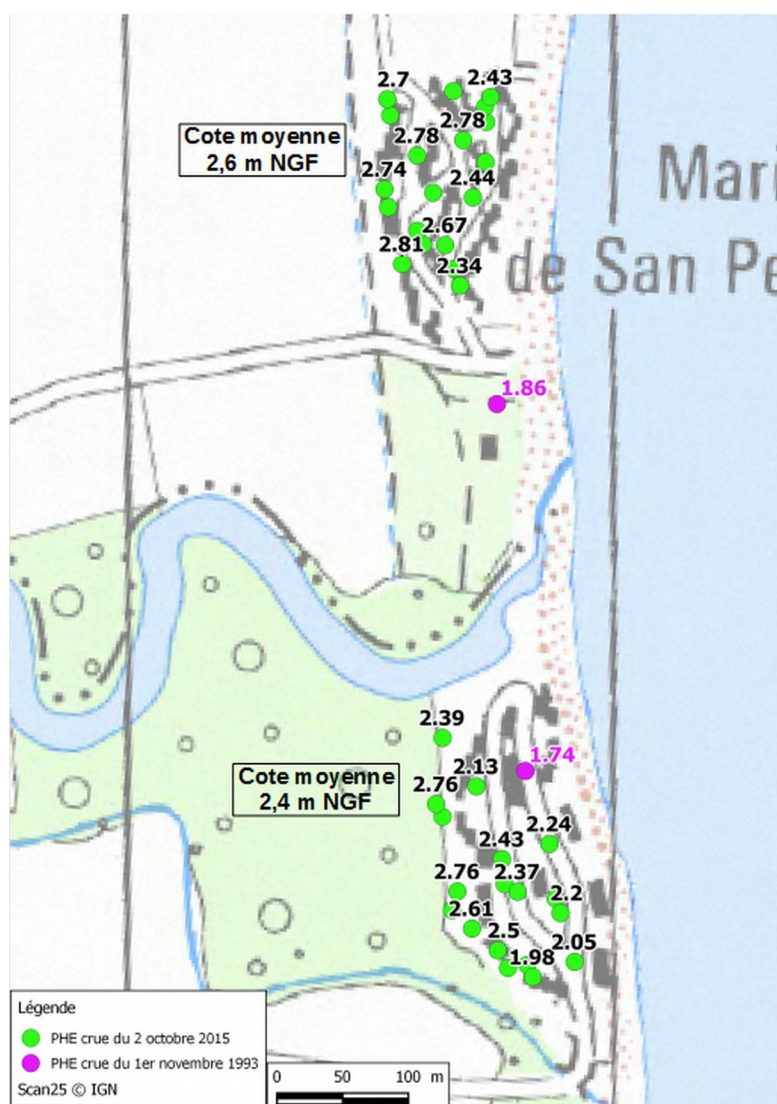


Illustration 22 : Localisation des PHE 1993 et 2015 aux Marines de San Pellegrino et du Fium Alto

Au pont de la RT10, comme à l'embouchure, la crue d'octobre 2015 a donc atteint des niveaux bien supérieurs à ceux de la crue de novembre 1993.

Dans la mesure où aucune modification morphologique notable (exhaussement du lit) ne nous a été signalée, **le débit de 2015 ne peut qu'être nettement supérieur à celui de 1993.**

5.3.2 Simulations avec les hypothèses de base

5.3.2.1 Scénarios testés

Le tableau 6 présente les 6 scénarios testés, à savoir 3 débits et 2 hypothèses de rugosité.

Frottement lit mineur	Débit	800 m³/s	900 m³/s	1000 m³/s
15 amont / 20 aval		Sc 800_15	Sc 900_15	Sc 1000_15
20 amont / 25 aval		Sc 800_20	Sc 900_20	Sc 1000_20

Tableau 6 : Scénarios testés

5.3.2.2 Cotes d'eau obtenues

Lotissement Ferrera

Le tableau 7 présente des statistiques¹⁴ (moyenne, écart-type, médiane, min, max) relatives :

- aux cotes des PHE 2015 relevées au lotissement Ferrera ;
- aux cotes calculées par le modèle au niveau des PHE 2015, pour chaque scénario. Par exemple, avec le scénario Sc 900_15, on obtient une cote d'eau moyenne au niveau des PHE de 16,08 m NGF.

	Zphe	Modèle "rugueux"			Modèle "lisse"		
		Sc 800_15	Sc 900_15	Sc 1000_15	Sc 800_20	Sc 900_20	Sc 1000_20
Moyenne	16.06	15.77	16.08	16.39	15.09	15.26	15.53
Ecart type	1.19	1.23	1.16	1.16	1.35	1.33	1.32
Min	15.02	14.58	14.91	15.22	13.70	13.85	14.16
Médiane	15.72	15.54	15.88	16.21	14.76	15.00	15.27
Max	18.61	18.52	18.64	18.95	18.08	18.18	18.49

Tableau 7 : Statistiques sur les cotes d'eau obtenues au niveau des PHE 2015 au lotissement Ferrera

Commentaires :

- une augmentation du débit de 100 m³/s provoque une hausse moyenne de la ligne d'eau de 30 cm ;
- une augmentation du coefficient de Strikler de 5 points (modèle « lisse ») provoque une baisse moyenne de la ligne d'eau qui varie en fonction du débit : de 68 cm pour un débit de 800 m³/s, à 86 cm pour un débit de 1000 m³/s.

Le modèle est donc particulièrement sensible à la valeur du coefficient de frottement.

Marines de San Pellegrino et du Fium Alto

Le tableau 8 présente les statistiques relatives aux cotes PHE et calculées au niveau des Marines de San Pellegrino et du Fium Alto.

	Zphe	Modèle "rugueux"			Modèle "lisse"		
		Sc 800_15	Sc 900_15	Sc 1000_15	Sc 800_20	Sc 900_20	Sc 1000_20
Moyenne	2.51	2.45	2.52	2.58	2.37	2.43	2.49
Ecart type	0.24	0.10	0.11	0.12	0.09	0.10	0.11
Min	1.98	2.24	2.29	2.34	2.17	2.22	2.27
Médiane	2.52	2.45	2.52	2.58	2.37	2.43	2.50
Max	2.85	2.61	2.69	2.76	2.55	2.62	2.70

Tableau 8 : Statistiques sur les cotes d'eau obtenues au niveau des PHE 2015 aux Marines

¹⁴ Les tableaux situés en annexe 7.3.1 donnent l'ensemble des valeurs.

Commentaires :

- une augmentation du débit de 100 m³/s provoque une hausse moyenne de la ligne d'eau de 6 cm ;
- à débit égal, une augmentation du coefficient de rugosité de 5 points provoque une baisse moyenne de la ligne d'eau de 6 cm.

Le secteur des Marines est donc moins sensible, aux variations des paramètres débit/coefficient de Strickler, que le secteur amont, pour lequel la cote d'eau calculée varie fortement entre les différents scénarios.

5.3.2.3 Comparaison avec les PHE 2015

Pour chaque scénario, nous avons comparé la cote d'eau calculée par le modèle, avec la cote des PHE 2015. Les tableaux 9 et 10 donnent les statistiques¹⁵ associées aux différences « cote calculée - cote des PHE », en m NGF.

Les cartes associées se trouvent en annexe 7.3.2.

Lotissement Ferrera

Ce secteur, plus sensible aux paramètres débit / coefficient de frottement que celui des Marines, nous permet de caler le modèle.

	Zphe	Modèle "rugueux"			Modèle "lisse"		
		Sc 800_15	Sc 900_15	Sc 1000_15	Sc 800_20	Sc 900_20	Sc 1000_20
Moyenne	16.06	-0.29	0.01	0.32	-0.97	-0.80	-0.53
Ecart type	1.19	0.24	0.25	0.27	0.33	0.28	0.31
Min	15.02	-0.59	-0.31	-0.04	-1.49	-1.22	-1.00
Médiane	15.72	-0.31	-0.04	0.27	-0.98	-0.75	-0.53
Max	18.61	0.07	0.46	0.82	-0.53	-0.43	-0.12

Tableau 9 : Statistiques sur les différences « cotes calculées - cotes PHE 2015 » au lotissement Ferrera

Commentaires :

- Le scénario Sc 900_15 présente un écart moyen quasi nul.
- On note par ailleurs (voir carte 30 en annexe 7.3.2.1) que la ligne d'eau calculée par le modèle est en dessous des PHE en bordure de lit mineur, et légèrement au-dessus pour certaines PHE plus éloignées du cours d'eau. On peut supposer qu'en bordure de cours d'eau, les vitesses élevées se retrouvent partiellement dans les PHE qui intègrent une partie de l'énergie cinétique. La proximité du cours d'eau est également une zone à risque d'embâcles et donc de sur hauteur plus importante.

Marines de San Pellegrino et du Fium Alto

	Zphe	Modèle "rugueux"			Modèle "lisse"		
		Sc 800_15	Sc 900_15	Sc 1000_15	Sc 800_20	Sc 900_20	Sc 1000_20
Moyenne	2.51	-0.06	0.00	0.07	-0.15	-0.08	-0.02
Ecart type	0.24	0.19	0.18	0.18	0.20	0.19	0.19
Min	1.98	-0.32	-0.25	-0.18	-0.43	-0.36	-0.29
Médiane	2.52	-0.10	-0.04	0.03	-0.18	-0.12	-0.07
Max	2.85	0.36	0.42	0.48	0.30	0.37	0.43

Tableau 10 : Statistiques sur les différences « cotes calculées - cotes PHE 2015 » aux Marines

Commentaires :

- D'après le tableau, tous les scénarios présentent des écarts moyens faibles, voire nul avec .
- Les scénarios Sc 900_15 et Sc 1000_15 présentent cependant les meilleurs résultats. Les différences de cotes entre ces deux scénarios sont minimales, de 3 cm en moyenne d'après le tableau 8 (soit 4 cm aux Marines de San Pellegrino, et 1 cm aux Marines du Fium Alto).

¹⁵ Les tableaux situés en annexe 7.3.1 donnent l'ensemble des valeurs.

5.3.2.4 Conclusion sur les scénarios testés

Nous retenons comme scénario de référence, le Sc 900_15 [Q=900 m³/s ; modèle « rugueux »] qui permet de retrouver en moyenne les PHE de la crue du 2 octobre 2015, tant au lotissement Ferrera qu'aux Marines.

Avec la gamme de coefficients de Strickler testés :

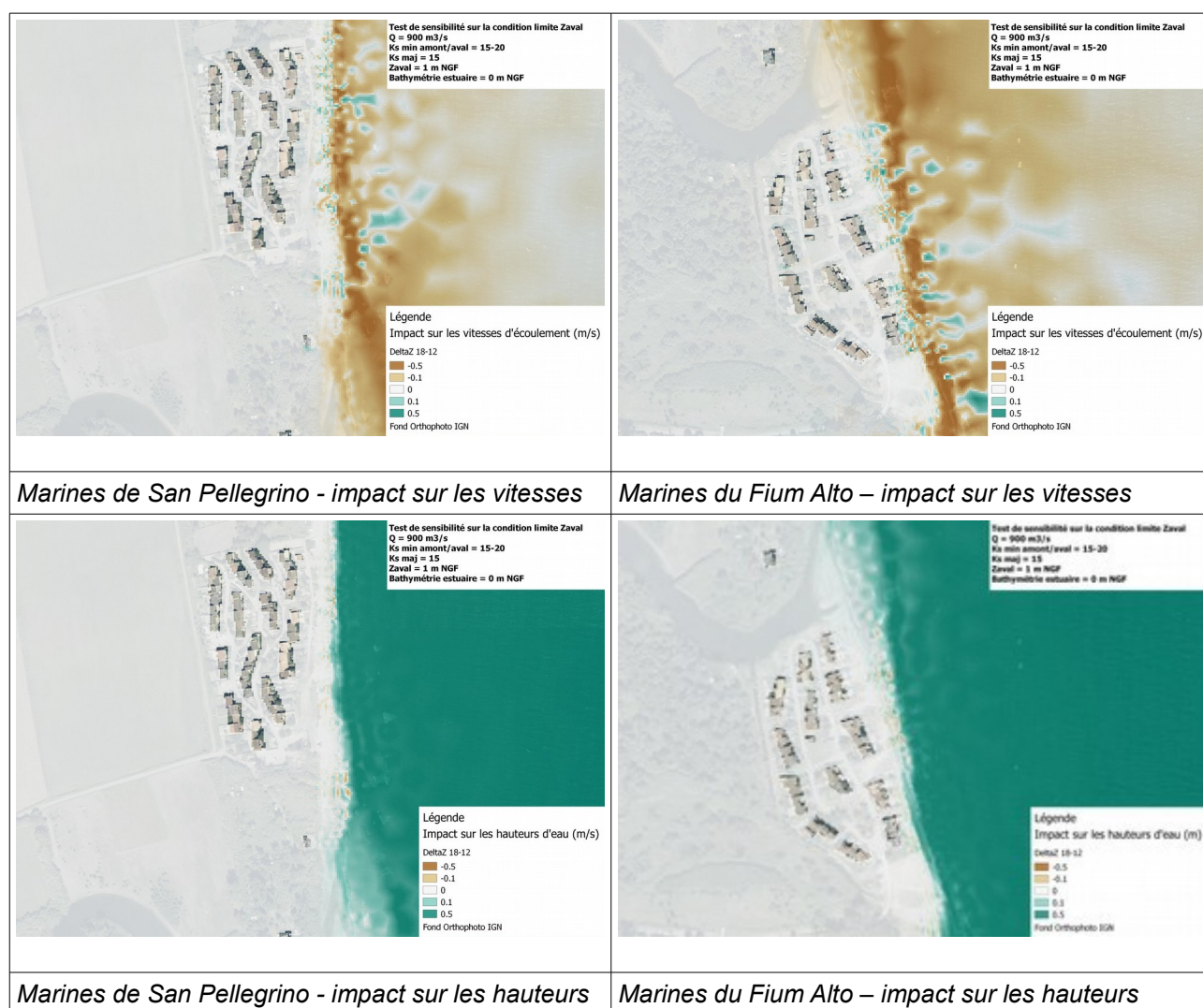
- Le débit de 800 m³/s conduit à des niveaux calculés toujours en dessous des PHE,
- A contrario, un débit de 1000 m³/s pourrait permettre de retrouver les PHE, en utilisant un modèle intermédiaire entre « rugueux » et « lisse ».

5.3.3 Tests de sensibilité

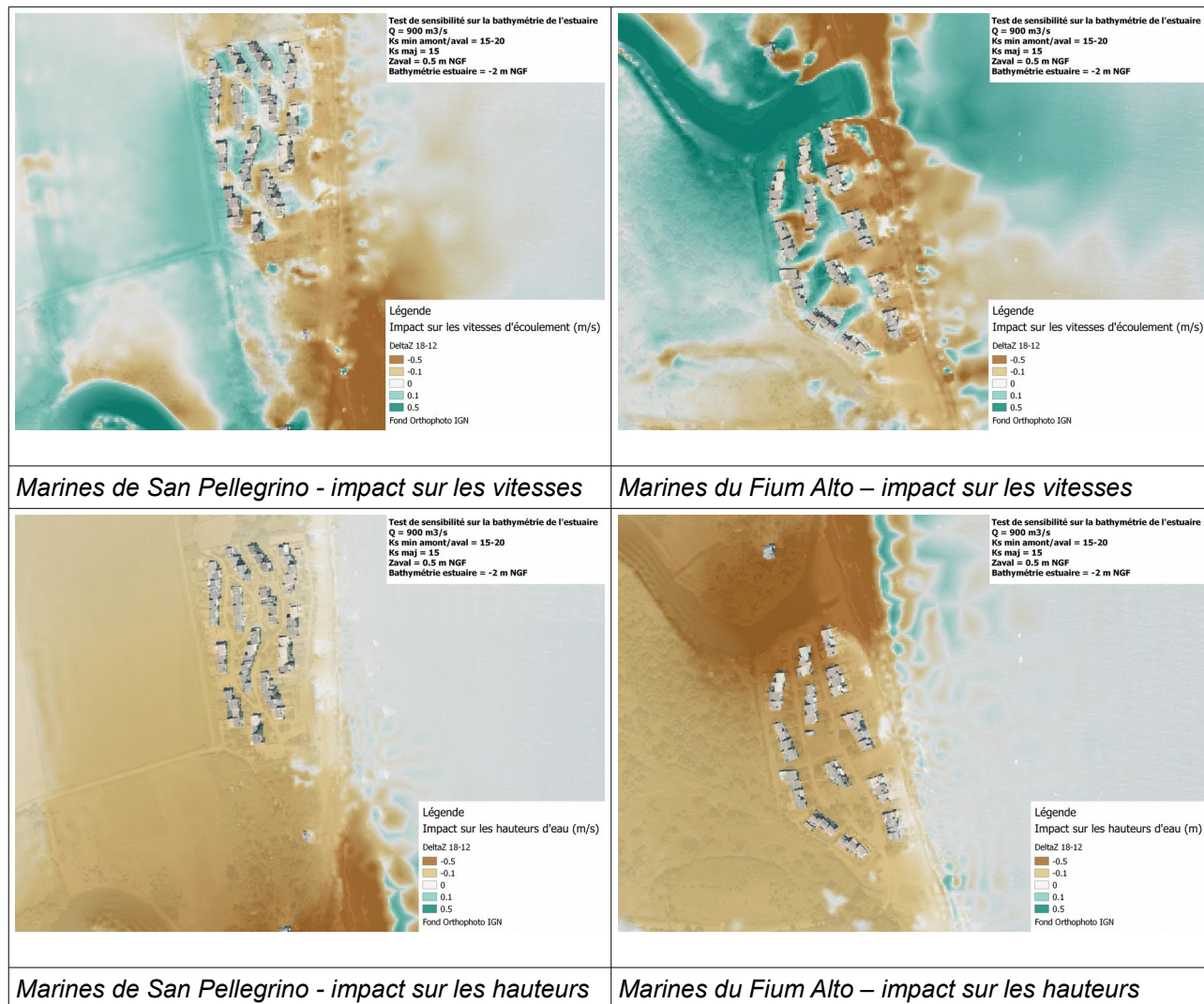
Condition limite aval : Un niveau marin de 1 m NGF (surcote centennale) est testé sur le scénario Sc 900_15.

On constate sur les illustrations suivantes que la hausse du niveau marin de 0,5 m a un impact négligeable sur les vitesses comme sur les hauteurs d'eau au droit des deux lotissements des Marines.

Ce résultat ne nous paraît pas surprenant étant donné que l'altitude moyenne des deux Marines est supérieure à 1 m NGF.



Arasement supplémentaire du cordon dunaire : le cordon dunaire initialement arasé à 0 m NGF est arasé à -2 m NGF, sur le modèle calé Sc900_15. Les illustrations suivantes montrent que l'impact d'un fort arasement du cordon dunaire par la crue a un impact très faible en terme de hauteur d'eau, de l'ordre de 10 cm sur les deux Marines. Par contre l'impact en terme de vitesse est plus important. En effet l'hypothèse d'une fort arasement du cordon ainsi que du fond du lit modifie les directions d'écoulement dans les Marines. Cependant, même si sur certaines zones la vitesse peut être jusqu'à 0,5 m/s plus faible, sur d'autres l'effet sera inverse.



5.4 Simulation en transitoire

L'objectif est double :

- déterminer la capacité d'écoulement du lit mineur avant débordement ;
- vérifier que le calcul précédent en permanent ne surestime pas les débits et hauteurs aux Marines.

Les calculs sont faits sur le modèle de référence, avec l'hydrogramme obtenu à partir de notre analyse au paragraphe 4.3.3 et tronqué à 900 m³/s.

A l'aval du modèle, dans les zones à méandres, **la capacité du lit mineur est d'environ 200 m³/s, soit une période de retour comprise entre 5 et 10 ans**. Au-delà de ce débit, les débordements se font en particulier en rive droite et les flots sont orientés vers le bras d'écoulement secondaire qui passe au sud des Marines du Fium Alto. Il reste une incertitude sur l'arasement du cordon dunaire pour ces crues moyennes.

A 300 m³/s, les deux Marines commencent à être inondées. A partir de 600 m³/s environ (soit une période de retour comprise entre 50 et 100 ans), les premiers débordements apparaissent au droit du lotissement Ferrera. Pour ce débit, on se rapproche des PHE relevées lors de la crue de 1993.

Pour 900 m³/s l'ensemble du lit majeur est mobilisé comme ce fut le cas lors de la crue d'octobre 2015.

La réalisation de ce calcul en régime transitoire montre que :

- le temps de propagation de la pointe de crue est de l'ordre de 10 minutes entre le lotissement Ferrera et les Marines, et l'hydrogramme de crue n'est quasiment pas modifié.
- le laminage de la crue par lit majeur est négligeable, tout comme l'incidence sur les niveaux et vitesses maximales calculés en régime permanent.

5.5 Cartographie des hauteurs et vitesses pour la crue du 2 octobre 2015

Rappel des hypothèses de modélisation :

- **Débit : 900 m³/s**
- **Rugosité du lit mineur : 15 à l'amont et 20 à l'aval**
- **Rugosité du lit majeur : 15**
- **Cote maritime aval : 0,5 m NGF**
- **Cordon dunaire de l'estuaire arasé à la cote 0 m NGF.**

5.5.1 Lotissement Ferrera

L'illustration 23 montre que les vitesses sont très fortes au droit des habitations situées en bordure de lit mineur (vitesses d'écoulement supérieures à 2 m/s).

Entre les deux principales rangées d'habitations, c'est-à-dire le long de la voirie de desserte, les vitesses sont dans la gamme 1 à 2 m/s, avec localement plus de 2 m/s.

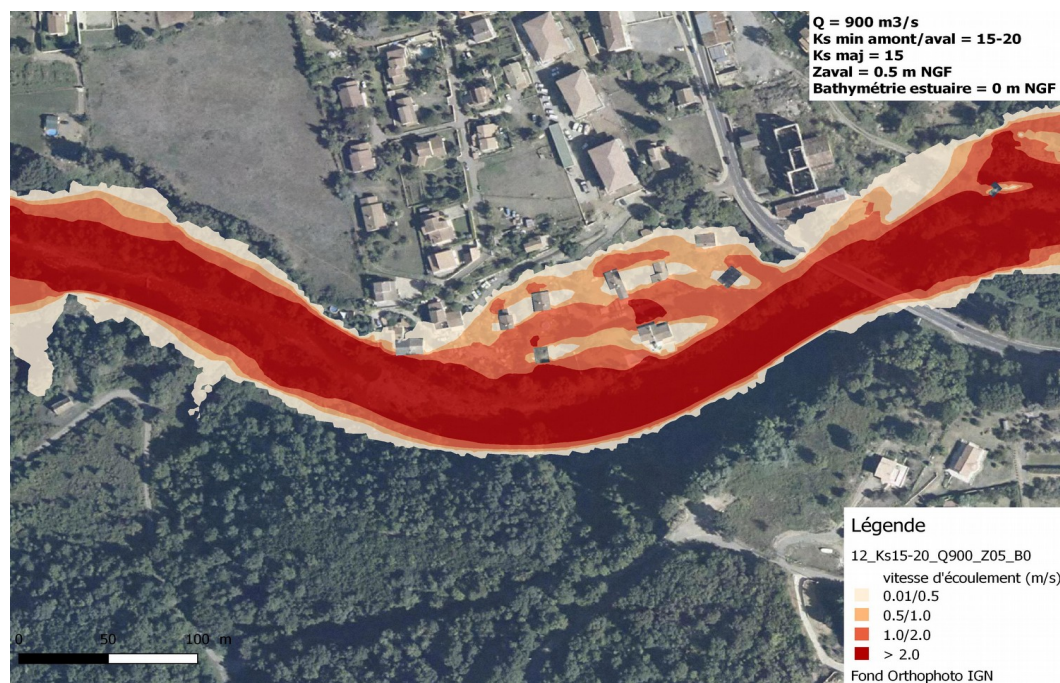


Illustration 23 : Carte des vitesses maximales d'écoulement sur le Lotissement Ferrera

Les hauteurs d'eau autour des habitations de ce quartier sont généralement dans la classe 1 à 2 m.



Illustration 24 : Carte des hauteurs d'eau maximales sur le sur le Lotissement Ferrera

5.5.2 Marines de San Pellegrino

Sur ce secteur, plus éloigné du lit mineur que les Marines du Fium Alto, les vitesses d'écoulement sont en général inférieures à 0,5 m/s. Cependant, certaines zones isolées sont soumises à des vitesses plus élevées [0,5;1] m/s, voire atteignent 1 m/s très localement.

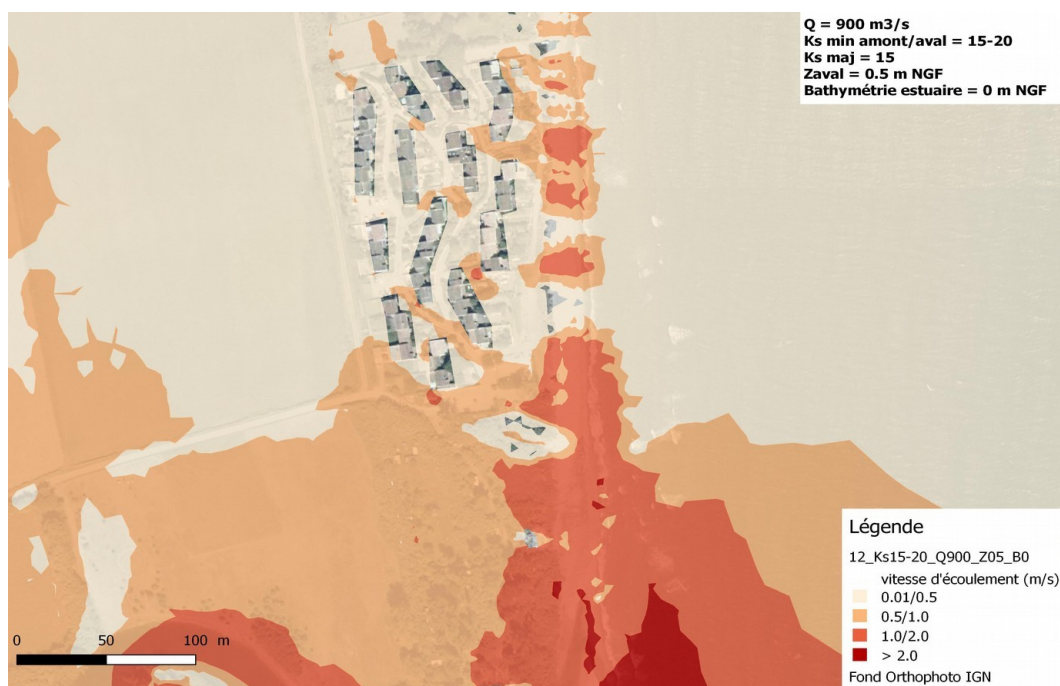


Illustration 25 : Carte des vitesses maximales d'écoulement sur les Marines de San Pellegrino

Dans cette Marine les hauteurs d'eau sont en moyenne situées dans la classe 50 cm à 1m.

Certaines habitations sont cependant soumises à une hauteur pouvant atteindre 1 à 2 m.

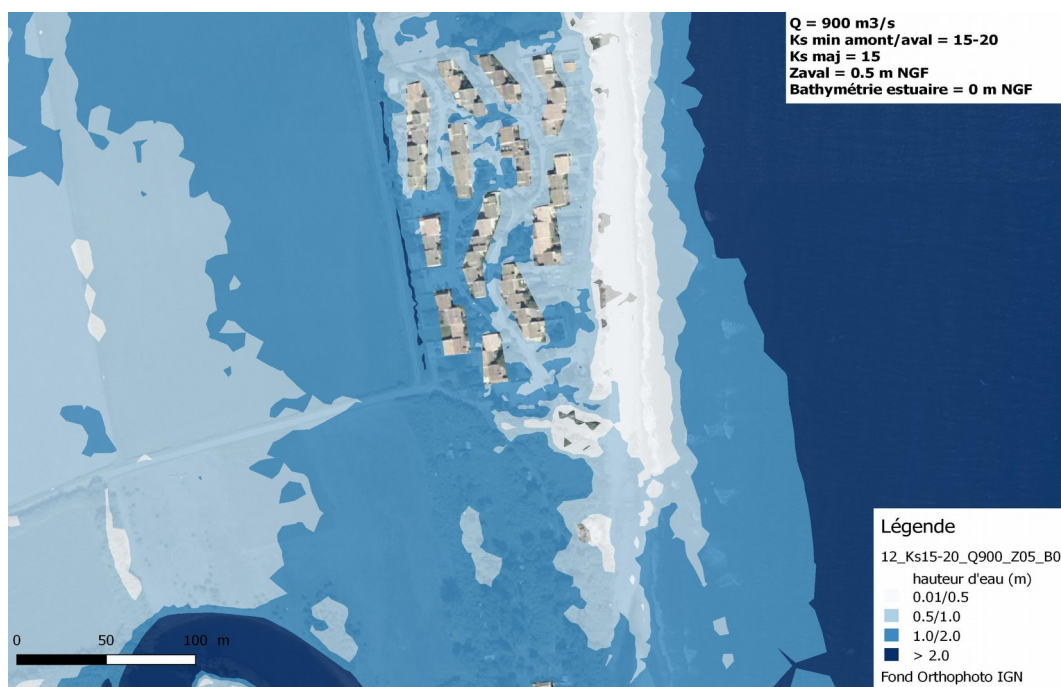


Illustration 26 : Carte des hauteurs d'eau maximales sur les Marines de San Pellegrino

5.5.3 Marines du Fium-Alto

Enfin sur ce secteur, les vitesses d'écoulement entre chaque groupe de maison dépassent généralement 1 m/s, sauf dans la zone centrale du lotissement.

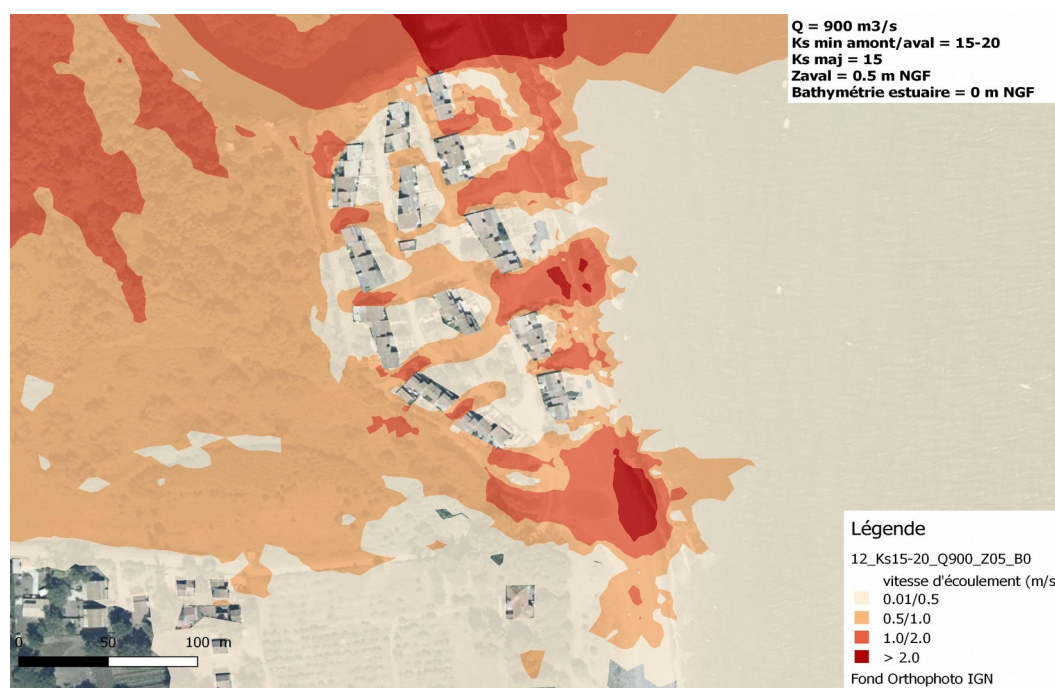


Illustration 27 : Carte des vitesses maximales d'écoulement sur les Marines du Fium-Alto

Les hauteurs d'eau sont globalement dans la classe 1 à 2 m.

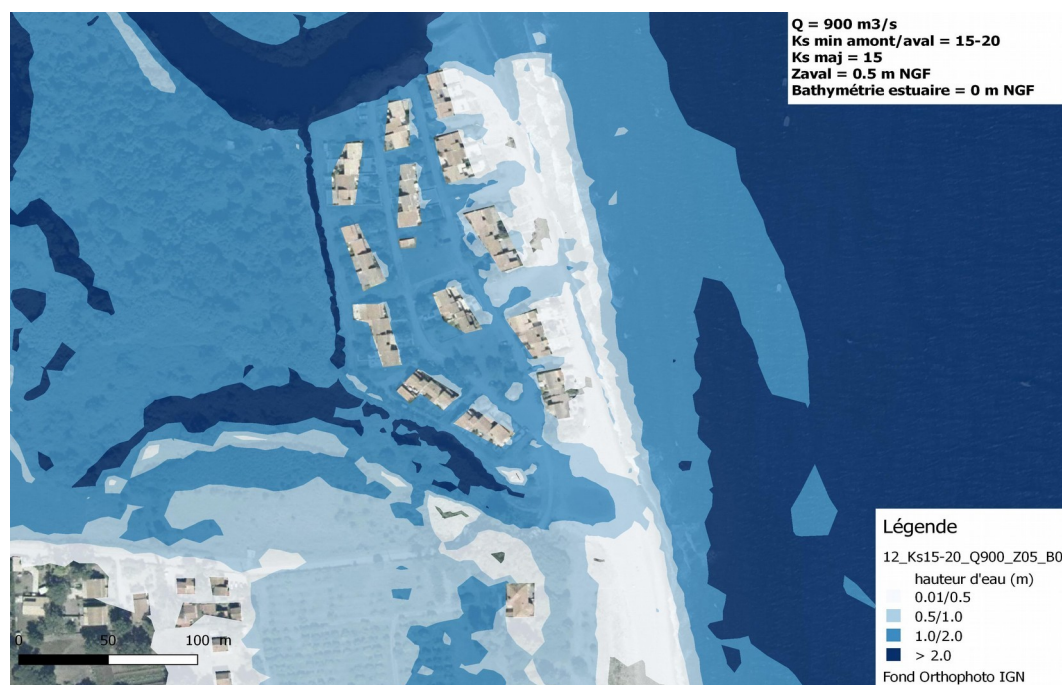


Illustration 28 : Carte des hauteurs d'eau maximales sur les Marines du Fium-Alto

6 Bibliographie

- [1] « Extrapolation de la courbe de tarage de la station d'Acitaja », Cerema Méditerranée, décembre 2016.
- [2] « Etude du risque inondation dans la basse vallée du Fium Alto », BCEOM, Décembre 1994.
- [3] « Reconstitution du débit de crue du Fium Alto à la station Y9315010 - Crue du 02/10/2015 », DREAL Corse, janv. 2016.
- [4] P. Fourmigué et J. Lavabre, « Prévision des crues avec le modèle conceptuel pluie-débit GR3H », 2004.
- [5] « Etude du risque inondation sur les ruisseaux de Pellici, Caraguitti, et Granaje - Commune de Penta Di Casinca », BCEOM, Juillet 1997.

7 Annexes

7.1 Fiches de la Banque Hydro

7.1.1 Fiche Station

Date d'extraction 19/09/2016

Le Fium-Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja]

PRESENTATION DE LA STATION HYDROMETRIQUE

Code Station : Y9315010

Producteur : DEAL Corse

Bassin versant : 114 km²

E-mail : pasquin.mariotti@corse.ecologie.gouv.fr

Description

Département : Haute-Corse (2B)

Commune : Taglio-Isolaccio

Cours d'eau : Le Fium-Alto

Mise en service : 01/05/1959 12:00

Mise hors service :

Type : station à une échelle

Statut : station avec signification hydrologique

Régime influencé : pas ou faiblement

Altitude : 35 m

Bassin-versant topographique : 114 km²

Données hydrologiques

Finalité : Hydrométrie générale

Année hydrologique : Septembre - Août

Loi utilisée pour le module : Galton

Année d'étiage : Janvier - Décembre

Loi utilisée pour les étiages : Galton

Loi utilisée pour les crues : Gumbel

Qualité globale des mesures :

en basses eaux : douteuse

en moyennes eaux : bonne

en hautes eaux : bonne

Altitude du zéro de l'échelle

Z. ech. (m)	Nivellement	Du	Au
34.00	NGF de la corse	01/05/1959 12:00	

Localisation

Commentaire : STATION DU RESEAU DE BASE, FAIBLE SENSIBILITE EN ETIAGE. GESTION EDF JUSQU'EN 1968, SOMIVAC (OEHC) ET SRAE (DIREN) AU-DELA. Reprise extrapolation courbes tarages selon SOGREAH 2007 en 2013.

Coordonnées : LAMBERT II étendu

X (m)	Y (m)	Tronçon Hydro.	pKm	Du	Au
1187690	1742380	Y9315010		01/05/1959 12:00	

Station remplacée : néant -

Station de remplacement : néant -

Le Fium-Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja]

Evènements

Date	Evènement
01/01/1964 12:00	AUCUN JAUGEAGE EN 1964.QMJ DOUTEUX DE DECEMBRE RECONSTITUES PAR CORRELATION AVEC LA BRAVONE A PONT DE BRAVONE.
01/01/1966 12:00	DEBITS MOYENS MENSUELS DE SEPTEMBRE ET OCTOBRE ET QMJ DOUTEUX DE NOVEMBRE ET DECEMBRE RECONSTITUES PAR CORRELATION AVEC LA BRAVONE A PONT DE BRAVONE.
01/01/1967 12:00	LIMNIGRAMMES PERDUS , NON REDEPOUILLES.QMJ EDITES PAR LE GESTIONNAIRE DE L'EPOQUE.ABSENCE DE JAUGEAGES.
01/01/1968 12:00	ABSENCE DE JAUGEAGES.DEBITS MOYENS MENSUELS DE NOVEMBRE ET DECEMBRE RECONSTITUES PAR CORRELATION AVEC L'ALESANI A PIETRA DI VERDE.
01/01/1969 12:00	DEBITS DOUTEUX RECONSTITUES PAR CORRELATION AVEC LA BRAVONE A PONT DE BRAVONE.
01/01/1970 12:00	QMJ DOUTEUX RECONSTITUES PAR CORRELATION AVEC LA BRAVONE A PONT DE BRAVONE.
01/01/1971 12:00	DEBITS DOUTEUX RECONSTITUES PAR CORRELATION AVEC LA BRAVONE A PONT DE BRAVONE.
01/01/1973 12:00	QMJ DOUTEUX DE FEVRIER RECONSTITUES PAR INTERPOLATION ET COMPARAISON AVEC LES PRECIPITATIONS A PIEDICROCE.
01/01/1974 12:00	MISE EN PLACE D'UN NOUVEAU LIMNIGRAPHE TYPE OTT 20 A COMPTER DE JUILLET.
01/01/1976 12:00	PAS DE JAUGEAGE EN 1976.PASSAGE A LA COURBE DE TARAGE 3 LE 25/10/76.
01/01/1978 12:00	CONSTRUCTION D'UN SEUIL BETON DE CONTROLE HYDRAULIQUE DU 27/9 AU 31/10/78.PASSAGE A LA COURBE DE TARAGE 4 LE 29/9/78 ,A LA 5 LE 24/10/78.
01/01/1980 12:00	PASSAGE A LA COURBE DE TARAGE 6 LE 23/5/80.
01/01/1982 12:00	PASSAGE A LA COURBE DE TARAGE 7 LE 01/01/82.
01/01/1987 12:00	PANNE LIMNIGRAPHE A DATER DU 12 OCTOBRE 1987. DEBITS MENSUELS DU DERNIER TRIMESTRE RECONSTITUES PAR CORRELATION AVEC LE BEVINCO ET LA BRAVONE.
01/01/1988 12:00	DEBIT MOYEN MENSUEL DE JANVIER EXTRAPOLE PAR CORRELATION AVEC LE BEVINCO.
01/01/1989 12:00	TRAVAUX DE NETTOYAGE DU SEUIL DE CONTROLE (DEPOT DE TUF CALCAIRE) LE 26 JUIN 1989 = DATE DE DEBUT DE LA COURBE DE TARAGE 7 AVEC Ho = 1.52 M.
01/01/1990 12:00	BON FONCTIONNEMENT DE LA STATION EN 1990 MALGRE LE MANQUE DE SENSIBILITE DU CONTROLE HYDRAULIQUE.
01/01/1991 12:00	PASSAGE A LA CT.8 EN 1991. MODERNISATION DE LA STATION EN SAISIE SUR SITE ET TELETRANSMISSION A PARTIR DE MAI 1991 (SAB 600 CR2M AVEC SONDE US IMMERGEE).
01/01/1992 12:00	BON FONCTIONNEMENT DE LA STATION EN 1992.
01/01/1993 12:00	"PLUS FORTE CRUE CONNUE LE 1 NOVEMBRE AYANT EMPORTE LES BAS DE COLONNE ET D'ECHELLE ET SOUS-CAVE LE SEUIL BETON DE CONTROLE.DEBITS DE NOVEMBRE ET DECEMBRE EVALUES AU MIEUX.ARRET PROVISoire AVANT TRAVAUX."
01/01/1994 12:00	TRAVAUX DE REMISE EN ETAT DU SEUIL ET DE LA STATION EN ETIAGE*REMISE EN SERVICE LE 20 SEPTEMBRE.

Le Fium-Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja]

Données disponibles

Année	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Débit	XXX				XXX		XXX		XXX		XXX	XXX
Hauteur		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

Année	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Débit												
Hauteur		XXX										

Année	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Débit				XXX	XXX					XXX	XXX	XXX
Hauteur					XXX						XXX	XXX

Année	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Débit	XXX										XXX	
Hauteur	XXX					XXX	XXX	XXX			XXX	

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Débit		XXX	XXX	XXX				XXX	XXX
Hauteur		XXX		XXX				XXX	

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des XXX)

Débits :

□ : absents ■ : validés douteux ■ : provisoires ■ : validés bons ■ : invalidés

Hauteurs :

□ : absentes ■ : disponibles

7.1.2 Fiche synthèse

Date d'extraction 19/09/2016

Le Fium-Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja]

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1960 - 2016)

Calculées le 08/09/2016 - Intervalle de confiance : 95 %

Code Station : Y9315010

Producteur : DEAL Corse

Bassin versant : 114 km²

E-mail : pasquin.mariotti@corse.ecologie.gouv.fr

Ecoulements mensuels (naturels) - données calculées sur 56 ans

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Débits (m ³ /s)	2.160 #	2.320 #	2.640 #	2.130 #	1.380 #	0.708 #	0.380 #	0.269 #	0.379 #	0.712 #	1.330 #	1.780 #	1.340
Qsp (l/s/km ²)	19.0 #	20.4 #	23.1 #	18.7 #	12.1 #	6.2 #	3.3 #	2.4 #	3.3 #	6.2 #	11.7 #	15.6 #	11.8
Lame d'eau (mm)	50 #	51 #	61 #	48 #	32 #	16 #	8 #	6 #	8 #	16 #	30 #	41 #	373

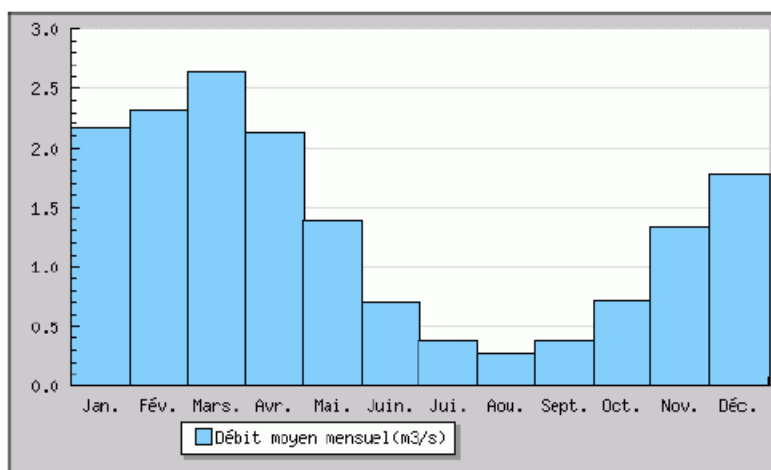
Qsp : débits spécifiques

Codes de validité d'une année-station :

.+ : au moins une valeur d'une station antérieure à été utilisée
 .P : le code de validité de l'année-station est provisoire
 .# : le code de validité de l'année-station est validé douteux
 .? : le code de validité de l'année-station est invalidé
 . (espace) : le code de validité de l'année-station est validé bon

Codes de validité d'une donnée, d'un calcul:

.! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne
 .# : valeur 'estimée' (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine
 .E : la valeur retenue est une valeur estimée (à partir du rapport QIX/QJ)
 .L : une estimation a eu lieu (à cause d'une lacune dans la période étudiée) mais une valeur mesurée s'est révélée supérieure à l'estimation: la valeur mesurée a été retenue.
 .> : valeur inconnue forte
 .< : valeur inconnue faible
 . (espace) : valeur bonne



Modules interannuels (naturels) - données calculées sur 56 ans

Module (moyenne)	Fréquence	Quinquennale sèche	Médiane	Quinquennale humide
1.340 [1.160;1.560]	Débits (m ³ /s)	0.740 [0.620;0.870]	1.300 [1.100;1.700]	1.800 [1.600;2.200]

Les valeurs entre crochets représentent les bornes de l'intervalle de confiance dans lequel la valeur exacte du paramètre estimé a 95% de chance de se trouver.

Le Fium-Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja]

Basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre) - données calculées sur 56 ans

Fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
Biennale	0.150 [0.130;0.170]	0.160 [0.140;0.180]	0.210 [0.180;0.240]
Quinquennale sèche	0.092 [0.075;0.110]	0.110 [0.088;0.120]	0.140 [0.120;0.160]
Moyenne	0.167	0.179	0.234
Ecart Type	0.084	0.088	0.114

Crues (loi de Gumbel - septembre à août) - données calculées sur 55 ans

Fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
Xo	25.200	71.300
Gradex	19.400	65.000
Biennale	32.00 [28.00;38.00]	95.00 [80.00;110.0]
Quinquennale	54.00 [48.00;65.00]	170.0 [150.0;200.0]
Décennale	69.00 [60.00;84.00]	220.0 [190.0;270.0]
Vicennale	83.00 [72.00;100.0]	260.0 [230.0;330.0]
Cinquantennale	100.0 [87.00;130.0]	330.0 [280.0;400.0]
Centennale	Non calculée	Non calculée

Maximums connus (par la banque HYDRO)

Débit instantané maximal (m3/s)	830.0 !	1/11/1993 18:31
Hauteur maximale instantanée (cm) *	668	1/11/1993 18:31
Débit journalier maximal (m3/s)	110.0 >	1/11/1993

* la synthèse étant effectuée sur la chronique complète de données (station ET stations antérieures comprises s'il en existe), la hauteur maximale connue affichée peut provenir d'une station antérieure

Débits classés données calculées sur 19223 jours

Fréquences	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
Débit (m3/s)	14.00	8.170	3.970	2.410	1.470	1.020	0.766	0.589	0.454	0.349	0.261	0.190	0.148	0.110	0.091

Stations antérieures utilisées

Pas de station antérieure

7.1.3 Fiche Crucal

Date d'extraction 19/09/2016

Le Fium-Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja]

CRUCAL : débits maximaux instantanés de crue (1961 - 2015)

Période du 1 septembre au 31 août

Ajustement à une loi de GUMBEL sur 40 valeurs et 54 années

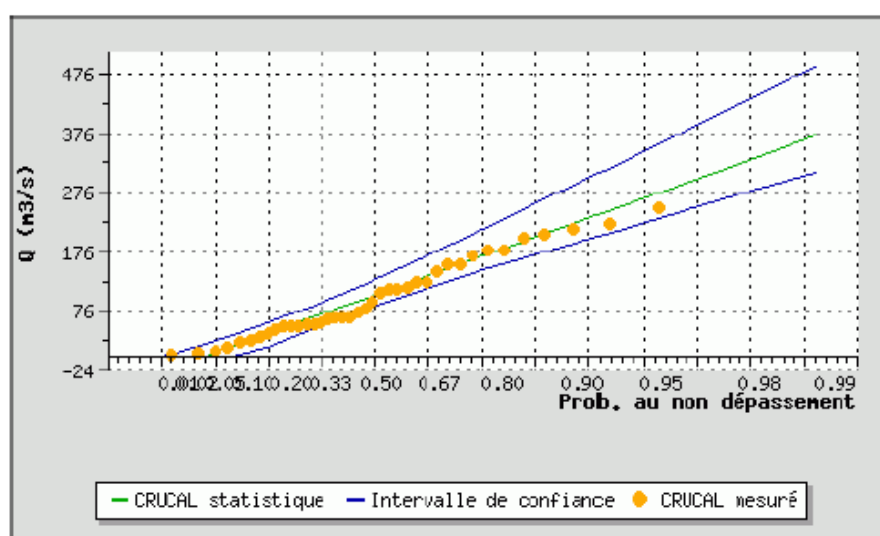
Code Station : Y9315010

Producteur : DEAL Corse

Bassin versant : 114 km²

E-mail : pasquin.mariotti@corse.ecologie.gouv.fr

Graphique statistique



Résultats statistiques

	Date	Q (m3/s)	
Max. connu	01 nov. 1993	830.000	LI

Fréquence théorique

Débits (m3/s) - Intervalle de confiance 95%

Cinquantennale	325.000	[273.000 ; 425.000]
Vicennale	264.000	[223.000 ; 342.000]
Décennale	218.000	[185.000 ; 279.000]
Quinquennale	169.000	[144.000 ; 213.000]
Biennale	95.100	[77.100 ; 119.000]

QIX/QJ pour les 25 plus fortes crues : 2.79 [2.13,7.15]

Xo : 71.300 m3/s

Gradex : 65.000 m3/s

Le Fium-Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja]

	Date	Q (m3/s)	V	F. Exp.	Libellé Fréquence exp.
?	23 nov. 1961	51.200	E	0.29	TRIENNALE SECHE
	06 avr. 1963	113.000	L#	0.59	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
	27 déc. 1969	43.700	L	0.22	QUINQUENNALE SECHE
	19 fév. 1972	168.000	#	0.78	QUINQUENNALE HUMIDE
	31 déc. 1972	125.000	L#	0.69	TRIENNALE HUMIDE
	18 fév. 1974	141.000	#	0.71	TRIENNALE HUMIDE
	05 fév. 1975	80.300	#	0.51	BIENNALE
	06 fév. 1976	62.600		0.39	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
	25 oct. 1976	49.300		0.24	QUADRIENNALE SECHE
	07 avr. 1978	66.400		0.46	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
	20 oct. 1978	64.800	#	0.41	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
?	23 mai 1980	177.000	#	0.81	QUINQUENNALE HUMIDE
?	17 oct. 1980	213.000	#	0.91	DECENNALE HUMIDE
	25 avr. 1982	154.000	L#	0.76	QUADRIENNALE HUMIDE
	28 mar. 1983	56.600		0.36	TRIENNALE SECHE
	14 déc. 1983	24.900		0.14	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES
	13 nov. 1984	49.900		0.26	QUADRIENNALE SECHE
	28 oct. 1985	114.000	#	0.61	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
	13 fév. 1987	9.780		0.07	PLUS QUE DECENNALE SECHE
	14 oct. 1988	115.000	#	0.64	TRIENNALE HUMIDE
	01 sep. 1989	250.000	#	0.96	PLUS QUE VICENNALE HUMIDE
	14 janv. 1991	52.600		0.31	TRIENNALE SECHE
	24 janv. 1992	66.100		0.44	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
	01 mar. 1993	91.700	#	0.54	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
	01 nov. 1993	830.000	LI	0.98	CINQUANTENNALE HUMIDE
	21 déc. 1997	3.180		0.02	CINQUANTENNALE SECHE
	02 janv. 1999	72.800	L	0.49	BIENNALE
	21 oct. 1999	179.000	#	0.83	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES
	30 janv. 2001	32.800		0.17	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES
	04 avr. 2002	5.880		0.04	PLUS QUE VICENNALE SECHE
	07 déc. 2002	13.500		0.09	DECENNALE SECHE
	24 nov. 2003	23.400		0.12	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES
	11 avr. 2005	153.000	#	0.74	QUADRIENNALE HUMIDE
P	14 sep. 2006	199.000	L#	0.86	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES
P	25 oct. 2007	223.000	#	0.93	PLUS QUE DECENNALE HUMIDE
P	13 mar. 2011	106.000	#	0.56	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
	05 nov. 2011	124.000	#	0.66	TRIENNALE HUMIDE
P	05 sep. 2012	54.000		0.34	TRIENNALE SECHE
P	04 avr. 2014	36.800		0.19	QUINQUENNALE SECHE
P	16 mar. 2015	206.000	#	0.88	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES

Le Fium-Alto à Taglio-Isolaccio [Acitaja]

	Date	Q (m3/s)	V	F. Exp.	Libellé Fréquence exp.
--	------	----------	---	---------	------------------------

Codes de validité d'une année-station :

- . + : au moins une valeur d'une station antérieure à été utilisée
- . P : le code de validité de l'année-station est provisoire
- . # : le code de validité de l'année-station est validé douteux
- . ? : le code de validité de l'année-station est invalidé
- . (espace) : le code de validité de l'année-station est validé bon

Codes de validité d'une donnée, d'un calcul :

- . ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne
- . # : valeur 'estimée' (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine
- . E : la valeur retenue est une valeur estimée (à partir du rapport QIX/QJ)
- . L : une estimation a eu lieu (à cause d'une lacune dans la période étudiée) mais une valeur mesurée s'est révélée supérieure à l'estimation: la valeur mesurée a été retenue.
- . > : valeur inconnue forte
- . < : valeur inconnue faible
- . (espace) : valeur bonne

Stations antérieures utilisées

Pas de station antérieure

7.2 Analyse de l'étude BCEOM décembre 1994 pour la DIREN Corse

« Étude du risque d'inondation dans la basse vallée du Fium Alto – rapport d'étude »

Extraits de l'étude BCEOM	Commentaires Cerema
4. ANALYSE HYDROLOGIQUE	Ce chapitre vise à obtenir un Q100 cohérent avec la modélisation hydraulique de la basse plaine.
<u>4.1. Caractéristiques du bassin versant à l'exutoire</u> S= 125 km ² ; L= 28.9 km ; P=1.9% ; Alt.max.=1767m Temps de concentration = 6 h env.	Erreur sur la pente ? 1767m/28.9km=6.1% Cela pourrait expliquer ce temps de concentration élevé qui résulte d'une vitesse de concentration faible (1.3m/s).
<u>4.2 Analyse statistique des données de la station d'Acitaja</u> Le SEMA a produit en juin 1993, après un long travail de critique et d'homogénéisation des courbes de tarage, un rapport fournissant la nouvelle chronique des débits corrigés. Le tableau page 8 donne la chronique, de 1961 à 1992, des QinstMax, avec 4 années lacunaires	Nous n'avons pas ce rapport. Il semble qu'il s'agisse d'années civiles et non pas d'années hydrologiques (sept. à aout), ce qui aurait été préférable.
Ajustement à l'aide d'une loi exponentielle à deux paramètres (sans la crue de 1993) : Q10=241m3/s et Q100=473m3/s.	Notre test d'une loi de Gumbel nous donne Q10=242m3/s et Q100=427m3/s env. L'intervalle de confiance à 70% de Q10 est [205 ; 290] et celui de Q100 est [346 ; 516].
Ajustement avec la crue de 1993, estimée à 834 m3/s (à partir de l'estimation de 880 m3/s à Folleli). BCEOM trouve Q10=352m3/s et Q100=737m3/s et écrit que « cet ajustement est la meilleure source d'information »	L'ajustement est de très mauvaise qualité et notre graphique montre bien que quel que soit le débit de cette crue de 1993, il faudrait plutôt appliquer la méthode du Gradex, à partir du Q10 trouvé précédemment.
<u>4.3 Estimation à partir d'un modèle pluie-débit</u> (...) simple, basé sur un coefficient de ruissellement de : * décennal de 0.5, soit Q10 = 350 m3/s * centennal de 0.6, soit Q100 = 920 m3/s	Le modèle pluie-débit n'est calé sur rien d'autre que la volonté de BCEOM de retrouver un Q10 à 350 m3/s, comme obtenu précédemment.
<u>4.4 Les crues historiques du Fium Alto</u> La crue de 1993 à l'exutoire est estimée à : * 865 m3/s avec le modèle hydrologique précédent * 880 m3/s avec le modèle hydraulique (...) raisonnable d'estimer le débit entre 850 et 900 m3/s Deux autres crues aussi fortes signalées : 1873 et 1953	Une telle proximité des résultats nous semble plus volontaire que fortuite, vu les incertitudes importantes des différentes démarches, pour lesquelles aucune étude de sensibilité n'est faite.
<u>4.5 utilisation de l'information historique</u> Méthode du renouvellement avec prise en compte des crues de 1953 et 1873, estimées à plus de 1000 m3/s Résultat : Q10=402m3/s et Q100 = 1162 m3/s	La méthode du renouvellement nous semble mal utilisée. Affirmer qu'on a 3 crues soit disant supérieures à 850 m3/s en 120 ans revient à donner une période de retour empirique de 40 ans, ce que trouve BCEOM avec sa méthode, mais les fondements sont plus que discutables.
<u>4.6 Récapitulatif</u>	La convergence n'est faite que vers des valeurs

<p>Les résultats obtenus précédemment sont relativement convergents au niveau de l'estimation du débit décennal, 350 à 400 m³/s (valeur retenue par mesure de sécurité).</p> <p>Pour l'estimation du débit centennal, l'écart entre les deux méthodes est important (...) on retient Q100=1000m³/s soit un rapport Q100/Q10=2.5.</p>	<p>toujours plus hautes, même pour Q10, que la banque Hydro donne à 220 m³/s avec 55ans de données. SHYREG donne Q10=240 m³/s et Q100=651 m³/s, soit un rapport de 2.7.</p> <p>BCEOM ne dit rien sur la forme des hydrogrammes.</p>
5. ANALYSE HYDRAULIQUE	Ce chapitre ne comporte que 2 brèves pages.
<p><u>5.2.1 Présentation du modèle hydraulique</u> Logiciel STREAM, dit « multi directionnel »</p>	Il s'agit d'un modèle 1D à Casiers, outil qui nécessite une expertise du modélisateur tant pour la construction du modèle que pour les interpolations de hauteur. En effet, l'orientation des vecteurs vitesses dépend de la forme des casiers et la cote d'eau est la même sur toute la surface du casier.
Topographie au 1/5000 et profils en travers ; 64 casiers	BCEOM ne donne aucune information sur origine et précision topo/bathy ; Pas d'info sur la taille moyenne des casiers.
<p>Condition limite aval : niveau marin à 0.50 NGF en décennal et 1.00 NGF en centennal (0.70 pour la crue de 1993).</p> <p>Strickler : calé sur la crue du 31/10/1993 (T=50ans)</p>	<p>Valeurs dans le bas de la fourchette utilisée en Méditerranée. BCEOM aurait pu faire un test de sensibilité.</p> <p>BCEOM ne donne aucune information sur le calage et les valeurs de Strickler retenues.</p>
<u>5.2.2 crues testées</u> : oct1993à 880m ³ /s, Q10=400 m ³ /s, Q100=1000m ³ /s	
<p><u>5.2.3 résultat des simulations</u> Renvoie aux résultats complets en Annexe 10 et aux plans.</p>	BCEOM ne fait aucun commentaire de ses résultats.

7.3 Résultats du modèle hydraulique

7.3.1 Tableaux des cotes calculées

7.3.1.1 Secteur du lotissement Ferrera

		Zphe	Cotes						Ecart					
			Modèle "rugueux"			Modèle "lisse"			Modèle "rugueux"			Modèle "lisse"		
			Sc 800_15	Sc 900_15	Sc 1000_15	Sc 800_20	Sc 900_20	Sc 1000_20	Sc 800_15	Sc 900_15	Sc 1000_15	Sc 800_20	Sc 900_20	Sc 1000_20
Lotissement Ferreira	PHE 3	18.61	18.52	18.64	18.95	18.08	18.18	18.49	-0.09	0.03	0.34	-0.53	-0.43	-0.12
Lotissement Ferreira - ancien moulin	PHE 7	16.61	16.08	16.42	16.75	15.73	15.85	15.96	-0.53	-0.19	0.14	-0.88	-0.76	-0.65
Lotissement Ferreira	PHE 8	16.46	15.87	16.15	16.42	14.97	15.24	15.46	-0.59	-0.31	-0.04	-1.49	-1.22	-1.00
Lotissement Ferreira	PHE 9	15.92	15.77	16.11	16.41	14.88	15.18	15.49	-0.15	0.19	0.49	-1.04	-0.74	-0.43
Lotissement Ferreira	PHE 4	15.52	15.31	15.66	15.98	14.61	14.81	15.08	-0.21	0.14	0.46	-0.91	-0.71	-0.44
Lotissement Ferreira	PHE 2	15.19	15.26	15.65	16.01	14.63	14.68	15.04	0.07	0.46	0.82	-0.56	-0.51	-0.15
Lotissement Ferreira	PHE 6	15.17	14.77	15.07	15.35	14.12	14.27	14.56	-0.40	-0.10	0.18	-1.05	-0.90	-0.61
Lotissement Ferreira	PHE 5	15.02	14.58	14.91	15.22	13.70	13.85	14.16	-0.44	-0.11	0.20	-1.32	-1.17	-0.86
	Moyenne	16.06	15.77	16.08	16.39	15.09	15.26	15.53	-0.29	0.01	0.32	-0.97	-0.80	-0.53
	Ecart type	1.19	1.23	1.16	1.16	1.35	1.33	1.32	0.24	0.25	0.27	0.33	0.28	0.31
	Min	15.02	14.58	14.91	15.22	13.70	13.85	14.16	-0.59	-0.31	-0.04	-1.49	-1.22	-1.00
	Médiane	15.72	15.54	15.88	16.21	14.76	15.00	15.27	-0.31	-0.04	0.27	-0.98	-0.75	-0.53
	Max	18.61	18.52	18.64	18.95	18.08	18.18	18.49	0.07	0.46	0.82	-0.53	-0.43	-0.12
Lotissement Ferreira	PHE 10	16.24	15.26	15.66	16.03	14.05	14.60	15.04	-0.98	-0.58	-0.21	-2.19	-1.64	-1.20

Tableau 11 : Cotes calculées par le modèle pour les 6 scénarios, et écarts par rapports aux cotes PHE 2015

Nota : Le tableau donne également les résultats obtenus au niveau de la PHE 10, écartée des statistiques car peu représentative de la ligne d'eau moyenne.

7.3.1.2 Secteur des Marines

		Zphe	Cotes						Ecart					
			Modèle "rugueux"			Modèle "lisse"			Modèle "rugueux"			Modèle "lisse"		
			Sc 800_15	Sc 900_15	Sc 1000_15	Sc 800_20	Sc 900_20	Sc 1000_20	Sc 800_15	Sc 900_15	Sc 1000_15	Sc 800_20	Sc 900_20	Sc 1000_20
San-Pellegrino	PHE 18	2.82	2.50	2.57	2.64	2.39	2.46	2.53	-0.32	-0.25	-0.18	-0.43	-0.36	-0.29
San-Pellegrino	PHE 5	2.81	2.54	2.62	2.70	2.43	2.51	2.58	-0.27	-0.19	-0.11	-0.38	-0.30	-0.23
San-Pellegrino	PHE 2	2.78	2.48	2.55	2.61	2.38	2.45	2.51	-0.30	-0.23	-0.17	-0.40	-0.33	-0.27
San-Pellegrino	PHE 10	2.78	2.54	2.62	2.70	2.43	2.50	2.57	-0.24	-0.16	-0.08	-0.35	-0.28	-0.21
San-Pellegrino	PHE 3	2.74	2.56	2.64	2.72	2.44	2.52	2.60	-0.18	-0.10	-0.02	-0.30	-0.22	-0.14
San-Pellegrino	PHE 19	2.74	2.53	2.61	2.69	2.42	2.49	2.56	-0.21	-0.13	-0.05	-0.32	-0.25	-0.18
San-Pellegrino	PHE 8	2.71	2.42	2.48	2.53	2.34	2.39	2.44	-0.29	-0.23	-0.18	-0.37	-0.32	-0.27
San-Pellegrino	PHE 22	2.70	2.57	2.65	2.73	2.46	2.53	2.61	-0.13	-0.05	0.03	-0.24	-0.17	-0.09
San-Pellegrino	PHE 9	2.67	2.41	2.48	2.53	2.32	2.38	2.44	-0.26	-0.19	-0.14	-0.35	-0.29	-0.23
San-Pellegrino	PHE 13	2.64	2.54	2.62	2.69	2.42	2.50	2.57	-0.10	-0.02	0.05	-0.22	-0.14	-0.07
San-Pellegrino	PHE 7	2.62	2.49	2.55	2.61	2.39	2.46	2.51	-0.13	-0.07	-0.01	-0.23	-0.16	-0.11
San-Pellegrino	PHE 14	2.60	2.49	2.56	2.62	2.40	2.46	2.52	-0.11	-0.04	0.02	-0.20	-0.14	-0.08
San-Pellegrino	PHE 12	2.54	2.57	2.65	2.73	2.46	2.53	2.61	0.03	0.11	0.19	-0.08	-0.01	0.07
San-Pellegrino	PHE 1	2.48	2.39	2.46	2.51	2.31	2.36	2.42	-0.09	-0.02	0.03	-0.17	-0.12	-0.06
San-Pellegrino	PHE 6	2.47	2.37	2.41	2.45	2.28	2.33	2.37	-0.10	-0.06	-0.02	-0.19	-0.14	-0.10
San-Pellegrino	PHE 4	2.44	2.41	2.47	2.53	2.32	2.38	2.43	-0.03	0.03	0.09	-0.12	-0.06	-0.01
San-Pellegrino	PHE 21	2.43	2.49	2.56	2.61	2.40	2.46	2.52	0.06	0.13	0.18	-0.03	0.03	0.09
San-Pellegrino	PHE 20	2.34	2.32	2.37	2.41	2.24	2.29	2.33	-0.02	0.03	0.07	-0.10	-0.05	-0.01
Fium Alto	PHE 1	2.85	2.58	2.67	2.74	2.52	2.60	2.67	-0.27	-0.18	-0.11	-0.33	-0.25	-0.18
Fium Alto	PHE 2	2.76	2.55	2.63	2.70	2.48	2.56	2.63	-0.21	-0.13	-0.06	-0.28	-0.20	-0.13
Fium Alto	PHE 23	2.76	2.61	2.69	2.76	2.55	2.62	2.70	-0.15	-0.07	0.00	-0.21	-0.14	-0.06
Fium Alto	PHE 12	2.61	2.51	2.58	2.64	2.45	2.51	2.58	-0.10	-0.03	0.03	-0.16	-0.10	-0.03
Fium Alto	PHE 21	2.59	2.33	2.39	2.44	2.27	2.32	2.36	-0.26	-0.20	-0.15	-0.32	-0.27	-0.23
Fium Alto	PHE 4	2.50	2.40	2.45	2.50	2.33	2.38	2.43	-0.10	-0.05	0.00	-0.17	-0.12	-0.07
Fium Alto	PHE 14	2.48	2.38	2.45	2.50	2.32	2.38	2.43	-0.10	-0.03	0.02	-0.16	-0.10	-0.05
Fium Alto	PHE 5	2.47	2.58	2.65	2.72	2.51	2.59	2.65	0.11	0.18	0.25	0.04	0.12	0.18
Fium Alto	PHE 15	2.43	2.33	2.39	2.44	2.25	2.31	2.36	-0.10	-0.04	0.01	-0.18	-0.12	-0.07
Fium Alto	PHE 7	2.39	2.40	2.48	2.55	2.31	2.38	2.44	0.01	0.09	0.16	-0.08	-0.01	0.05
Fium Alto	PHE 22	2.37	2.35	2.41	2.46	2.29	2.34	2.39	-0.02	0.04	0.09	-0.08	-0.03	0.02
Fium Alto	PHE 13	2.24	2.24	2.29	2.34	2.17	2.22	2.27	0.00	0.05	0.10	-0.07	-0.02	0.03
Fium Alto	PHE 20	2.20	2.35	2.41	2.46	2.29	2.35	2.40	0.15	0.21	0.26	0.09	0.15	0.20
Fium Alto	PHE 18	2.17	2.35	2.40	2.46	2.29	2.35	2.40	0.18	0.23	0.29	0.12	0.18	0.23
Fium Alto	PHE 3	2.15	2.49	2.57	2.63	2.45	2.52	2.58	0.34	0.42	0.48	0.30	0.37	0.43
Fium Alto	PHE 25	2.13	2.41	2.49	2.55	2.35	2.42	2.48	0.28	0.36	0.42	0.22	0.29	0.35
Fium Alto	PHE 10	2.05	2.33	2.38	2.43	2.27	2.32	2.36	0.28	0.33	0.38	0.22	0.27	0.31
Fium Alto	PHE 8	1.98	2.34	2.39	2.44	2.27	2.32	2.37	0.36	0.41	0.46	0.29	0.34	0.39
	Moyenne	2.51	2.45	2.52	2.58	2.37	2.43	2.49	-0.06	0.00	0.07	-0.15	-0.08	-0.02
	Ecart type	0.24	0.10	0.11	0.12	0.09	0.10	0.11	0.19	0.18	0.18	0.20	0.19	0.19
	Min	1.98	2.24	2.29	2.34	2.17	2.22	2.27	-0.32	-0.25	-0.18	-0.43	-0.36	-0.29
	Médiane	2.52	2.45	2.52	2.58	2.37	2.43	2.50	-0.10	-0.04	0.03	-0.18	-0.12	-0.07
	Max	2.85	2.61	2.69	2.76	2.55	2.62	2.70	0.36	0.42	0.48	0.30	0.37	0.43

Tableau 12 : Cotes calculées par le modèle pour les 6 scénarios, et écarts par rapports aux cotes PHE 2015

7.3.2 Cartes de comparaison avec les PHE 2015

7.3.2.1 Partie amont

Q=800 m³/s
Ks min amont/aval=15/20
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 29 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 800_15 Partie amont

Q=900 m³/s
Ks min amont/aval=15/20
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 30 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 900_15 Partie amont

Q=1000 m³/s
Ks min amont/aval=15/20
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 31 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 1000_15 Partie amont

Q=800 m³/s
Ks min amont/aval=20/25
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 32 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 800_20 Partie amont

Q=900 m³/s
Ks min amont/aval=20/25
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 33 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 900_20 Partie amont

$Q=1000 \text{ m}^3/\text{s}$
 $K_s \text{ min amont/aval}=20/25$
 $K_s \text{ maj}=15$
 $Z_{\text{aval}}=0.5 \text{ m}$



Illustration 34 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 1000_20 Partie amont

7.3.2.2 *Partie aval*

Q=800 m³/s
Ks min amont/aval=15/20
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 35 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 800_15 Partie aval

Q=900 m³/s
Ks min amont/aval=15/20
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 36 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 900_15 Partie aval

Q=1000 m³/s
Ks min amont/aval=15/20
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 37 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 1000_15 Partie aval

Q=800 m³/s
Ks min amont/aval=20/25
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 38 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 800_20 Partie aval

Q=900 m³/s
Ks min amont/aval=20/25
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 39 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 900_20 Partie aval

Q=1000 m³/s
Ks min amont/aval=20/25
Ks maj=15
Zaval=0.5 m



Illustration 40 : Comparaison du modèle avec les PHE 2015 Sc 1000_20 Partie aval

